



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.

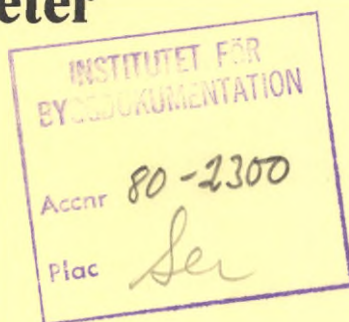


Värmepumpar för tappvarmvatten

Experimentanläggningar i befintliga
flerbostadshus

- planeringsresultat
- installationsmöjligheter

Bernt Bäckström
Göran Sylvesten



R146:1980

VÄRMEPUMPAR FÖR TAPPVARMVATTEN

Experimentanläggningar i befintliga flerbostadshus

- planeringsresultat
- installationsmöjligheter

Bernt Bäckström
Göran Sylvesten

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 781114-7
och 791739-4 från Statens råd för byggnadsforskning till
Wahlings Bygginstallationer AB, Göteborg.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R146:1980

ISBN 91-540-3386-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 057885

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Deltagare	7
1.3 Problemanalys	8
1.4 Tillämpning av värmepumpsteknik	9
1.5 Allmänt om värmepumptrustning	10
1.6 Faktorer som påverkar systemet	14
2 INSTALLATIONSOMÖJLIGHETER I DET BEFINTLIGA BOSTADSBESTÄNDET	15
2.1 Allmänt	15
2.2 Energitillgång	15
2.3 Utrymmesbehov för ackumulatorer	16
2.4 Samband mellan värmepumpeffekt, ackumulator- volym och tillsatsvärme	19
2.5 Överslagsmässig lönsamhetsanalys	24
2.6 Undersökning av utrymme för kompletterande installationer	25
2.7 Fördelning av ventilationssystem i befintligt bostadsbestånd	26
3 TAPPVARMVATTEN SOM VÄRMESÄNKA	31
4 SAMMANFATTNING AV DELRAPPORTER SAMT BESKRIVNING AV FÖRSÖKSOMJEKT OCH TEKNISK LÖSNING	33
4.1 AGA Heating/AB Thermia-Verken	33
4.2 Allmänna Ingenjörshyrån AB	37
4.3 Teknisk Utveckling HB	43
4.4 Kryotherm AB	45
4.5 AB KyloVent	49
4.6 AB Svenska Fläktfabriken	51
4.7 Termofrost Energi Teknik AB	53
4.8 Thorvent Värmeindustri AB	56
4.9 Totalinstallation i Göteborg AB	59
4.10 Blackstone Sweden AB	62

5	EKONOMI	65
5.1	Inverkande faktorer	65
5.2	Anläggningskostnader	65
5.3	Driftkostnader	66
5.4	Underhållskostnader	66
5.5	Lönsamhetsbedömning	67
6	MÄT- OCH UTVÄRDERINGSPROGRAM	69
6.1	Allmänt	69
6.2	Förslag till mät- och utvärderingsprogram	69
7	EXPERIMENTANLÄGGNINGAR	71
	LITTERATUR	73

SAMMANFATTNING

Möjligheterna att återvinna värme ur frånluften från befintliga flerbostadshus håller på att undersökas. En metod är att använda den varma frånluften som värmekälla för en värmepump avsedd för värmning av tappvarmvatten. Syftet med denna rapport är

- dels att ge en sammanfattande översikt över steg 1 av ett s k projektpaket omfattande projektering av 10 stycken experimentanläggningar av ovannämnt slag
- dels att redovisa resultatet av en undersökning av möjligheterna att installera sådana värmepumpanläggningar i det befintliga flerbostadsbeståndet i Sverige.

På initiativ av Byggforskningsrådet planerades under 1978 ett s k projektpaket avseende värmning av tappvarmvatten i flerbostadshus med hjälp av värmepump med frånluft som värmekälla. Företag inom kyl- och ventilationsområdet inbjöds att delta i projektpaketet för att planera och eventuellt senare genomföra experimentanläggningar. Detta resulterade så småningom i att 10 olika entreprenad- och utvecklingsföretag fick ett anslag på kr 30.000:- vardera för att utreda, konstruera och planera varsin experimentanläggning. Deltagarna fick stor frihet att välja teknisk lösning, anläggningsstorlek etc, och det ankom på var och en av deltagarna att själva anskaffa lämpliga försöksobjekt i form av flerbostadshus med lämpliga förutsättningar, vilket i vissa fall visade sig vara en mycket svårlöst uppgift. De tio deltagande företagen har trots de ensartade förutsättningarna presenterat en tämligen rikt varierad provkarta på tekniska lösningar, vilka beskrivs i denna rapport.

Av utredningsresultaten kan här nämnas sammanfattningsvis följande.

Det visar sig att värmnet i frånluften från ett flerbostadshus räcker mer än väl för att värma tappvarmvattnet i detta. Behovet av tappvarmvatten är tämligen jämt fördelat under året men energibehovet är något större under vintern än under sommaren. För att klara dygnsvariationerna i tappvarmvattenförbrukningen krävs dock ackumulatorer. Behovet av ackumulatorvolym varierar beräkningsmässigt mellan 90 och 170 liter per lägenhet beroende av bl a fastighetens storlek d v s antalet lägenheter. Här förutsätts då att inte tillsats av värme av annat slag används d v s alla förekommande belastningsfall skall klaras med enbart värmepumpen. Det statistiska underlaget förefaller vara osäkert då det är baserat på ett alltför begränsat underlag. En praktisk undre gräns för tappvarmvattentemperaturen anses ligga vid ca $+45^{\circ}\text{C}$.

Projektörerna har för de olika experimentanläggningarna kommit fram till beräknade värden på totala värmefaktorn som varierar mellan 3 och 5. En lönsamhetsbedömning visar att det idag knappast lönar sig att installera värmepumpar för tappvarmvatten för enskilda fastighetsägare. Situationen kan dock snart bli helt annorlunda på grund av snabbt ökande oljepriser och genom utveckling och standardisering av den tekniska utrustningen vilket förhoppningsvis kommer att ge lägre anläggningskostnader. Ett antal flerbostadshus som antagits vara någorlunda representativa för beståndet i Sverige har undersökts beträffande installations-

möjligheterna. På grundval av denna undersökning jämte statistik över antal lägenheter med mekaniskt frånluftssystem uppskattas i denna rapport att det för ca 400.000 lägenheter finns möjlighet att installera värmepumpsystem för tappvarmvatten. Om nämnda installation kunde göras i alla dessa lägenheter så skulle detta innebära en besparing på ca 100.000 m³ eldningsolja per år. Det praktiskt tänkbara antalet är givetvis betydligt mindre, kanske ca 100.000 lägenheter eller en möjlig oljebesparing på ca 25.000 m³/år.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Insatser av olika slag har under de senaste åren gjorts för att nedbringa energibehovet inom bostadssektorn. Energin, som i stor utsträckning kommer från olja, åtgår för rumsuppvärmning och värmning av förbrukningsvarmvatten, s k tappvarmvatten. Det sistnämnda behovet anses ta 20 å 25% av det sammanlagda årsenergibehovet för uppvärmning av varmvatten i normala svenska flerbostadshus. En betydande del av de nu befintliga flerbostadshusen är försedda med mekanisk frånluftsventilation, s k F-system, vilket innebär att den nödvändiga luftväxlingen i bostadslägenheterna tillgodoses genom att luft med hjälp av fläktar sugas ut från kök, badrum och toaletter. Den utsugna luften är givetvis varm medan ersättningsluften, som mer eller mindre okontrollerat kommer in genom vädringsöppningar och diverse otätheter, är av utetemperatur. Den härigenom uppkomna värmeförlusten utgör en stor del av husets totala värmebehov. I vissa fall har husen mekaniskt styrd både till- och frånluft, s k FT-system, och då ligger det givetvis nära till hands att försöka nedbringa effekt- och energibehoven för ventilationsluftvärmningen genom direkt värmeväxling mellan till- och frånluftsflödena. I de ovannämnda husen där mekaniskt tilluftssystem saknas föreligger givetvis inte denna möjlighet.

I avsikt att främja utvecklingen på energisparområdet har BFR arrangerat två s k projektpaket gällande värmeåtervinning ur frånluft. Med projektpaket menas här ett antal samtidiga projekt med gemensamma förutsättningar av vilka en del kommer att fullföljas till experimentanläggningar d v s ett antal representativa fullskaleförsök, som skall ge bästa möjliga underlag för bedömning av den prövade teknikens möjligheter i framtiden.

Det projektpaket, som här skall behandlas, gäller utnyttjande av värme i frånluft för att med hjälp av värmepump värma tappvarmvatten. Avsikten har varit att

- dels få till stånd ett antal värmepumpinstallationer, som kan ge installations- och drifterfarenheter
- dels få en uppfattning om förutsättningarna för installationer, bl a i de befintliga flerbostadshusen.

Byggforskningsrådet inbjöd i slutet av år 1978 ett antal företag inom kylbranschen att delta i projektpaketet.

1.2 Deltagare

Tio stycken rapporter från de företag, som deltagit i projektpaketets steg 2, ligger till grund för denna sammanfattande rapport. Här redovisas projektnummer, deltagare och projektledare. Siffrorna inom paranteser är i rapporten förekommande referenshänvisningar till respektive projekt. Rapporteringen gäller på detta stadium således resultat av planerade värmepumpinstallationer.

	<u>Projektnummer</u>	<u>Anslagsmottagare</u>	<u>Projektledare</u>
(1)	781492-0	AGA Heating/AB Thermia-Verken	Eric Granryd
(2)	781493-5	Allmänna Ingenjörbyrå AB	Tomas Åbyhammar
(3)	781494-1	Teknisk Utveckling HB	Lars-Ove Grudeborn
(4)	781495-6	Kryotherm AB	Bernt Engström
(5)	781496-2	AB KyloVent	Åke Kjellqvist
(6)	781498-3	AB Svenska Fläktfabriken	Leif Norell
(7)	781499-8	Termofrost Energiteknik AB	Hjalmar Schibbye
(8)	781500-3	Thorvent Värmeindustri AB	Sten Thorén
(9)	781501-8	Totalinstallation i Göteborg AB	Kjell Olsson
(10)	781504-5	Blackstone Sweden AB	Olle Dahlbeck

Wahlings Bygginstallationer AB har dessutom undersökt ett antal bostadsområden i Göteborg som antagits vara representativa för flerbostadshusbeståndet i Sverige. Avsikten har varit att försöka bedöma i vilken omfattning det är praktiskt möjligt att installera värmepumpsystem för tappvarmvatten med tillhörande erforderliga varmvattenackumulatorer.

1.3 Problemanalys

Nettoenergiförbrukningen för ventilation av flerbostadshus uppskattas av Svenska Fläktfabriken till totalt ca 11 TWh/år och fördelar sig på olika ventilationssystem enligt följande:

Mekanisk till- och frånluft (FT)	5,8 TWh/år
Mekanisk frånluft (F)	4,7 TWh/år
Självdraagsventilation (S)	0,5 TWh/år

Förutsättningarna för energibesparing är oftast bäst i FT-system där värmeväxlare mellan till- och frånluft kan installeras. I S-system är förutsättningarna att återvinna energi sämre och kräver i de flesta fall ombyggnad till mekanisk ventilation. En åtgärd som i första hand kommer ifråga i samband med omfattande fastighetsrenovering. I F-system finns en koncentrerad värmekälla i den varma frånluften. I avsaknad av tilluftssystem är tappvarmvatten en naturlig mottagare för detta värme.

Tappvarmvattenberedning med hjälp av värmepump och med frånluft som värmekälla är en möjlighet att effektivt ta tillvara värmets i frånluften. Erforderliga komponenter finns kommersiellt tillgängliga men praktisk erfarenhet av systemuppbyggnad, drift och installation saknas.

Förutsättningar beträffande luftflöden, värmeinnehåll i frånluft-

en, tekniska egenskaper hos värmepumpar, tappvarmvattenanvändning är tillräckligt väl kartlagda för att en provinstallation skall vara motiverad. De fördelar systemet ansetts erbjuda är bl a:

- små byggnadstekniska ingrepp.
- lång utnyttjandetid. (Tappvarmvatten används året runt medan värmeåtervinningssystemet mellan från- och tilluft endast utnyttjas helt under en del av året).
- systemet ger möjlighet till värmeåtervinning i nya byggnader där enligt SBN 1975 inte krav på FT-ventilation föreligger.
- med lämpligt vald ackumuleringsvolym kan eventuellt pannanläggning stängas av under sommaren.

Det är angeläget att installatörer och fastighetsägare får erfarenheter av systemet i praktisk drift och vilka verkliga besparingseffekter man kan förvänta.

1.4 Tillämpning av värmepumpsteknik

Kännetecken för dagens värmepumpsteknik är relativt hög investeringskostnad och måttligt hög värmefaktor. Detta ger på sikt en stabil men måttlig lönsamhet.

För att möta de krav på lönsamhet för investerat kapital, som samhället idag kräver, är det önskvärt att minska den specifika anläggningskostnaden och öka värmefaktorn. Även utnyttjningstiden är betydelsefull för totalekonomin. Utnyttjningstiden är starkt kopplad till variationer i temperatur och effekt hos både värmekälla och värmesänka (förbrukaren). Stabil temperatur och effekt hos källa och sänka leder till lång utnyttjningstid. I värmepumpssammanhang är det alltså av största intresse att finna lämpliga kombinationer av värmekälla och värmesänka samt att finna den systemlösning för värmepumpen som bäst utnyttjar de termodynamiska resurser som står till buds.

Denna tillämpning av värmepumpsteknik för nyttiggörande av spillvärme har bl a följande utgångsförutsättningar.

- Av villkoren för god driftsekonomi med värmepump är hög förångningstemperatur och måttlig kondenserings temperatur viktiga. Bägge villkoren uppfylls med frånluft som värmekälla respektive tappvarmvatten som varmt objekt.
- Värmepumpen ger jämfört med andra typer av värmegeneratorer höga anläggningskostnader per effektenhet. Därav följer att utnyttjningstiden bör vara lång om ekonomin skall bli acceptabel. Tappvarmvattenvärmningen i flerbostadshus är tämligen jämt fördelad under året och bör därför kunna uppfylla kravet på lång utnyttjningstid.
- Ett projekt av ifrågavarande slag bör om möjligt leda fram till utveckling av utrustning och metoder som kan få en allmän användning d v s finna många appliceringstillfällen. Samtidigt bör givetvis totala energibesparingseffekten bli av betydelse.

Även dessa förutsättningar bör väl kunna uppfyllas.

- Ett principiellt krav för byggforskningsrådets experimentbyggnadsprojektsarbete kan inriktas på enbart viss modifiering och applicering av tekniken för att därmed vinna driftserfarenhet och kunna ge seriös och opartisk information om de vunna enheterna.

Utbudet på värmepumpmarknaden motsvarar nämnda krav. Befintliga konstruktioner bör efter modifiering och komplettering i måttlig omfattning kunna utnyttjas för ändamålet.

- Ifrågavarande värmeåtervinningsmetod bör givetvis kunna konkurrera med andra tänkbara metoder.
- I flerbostadshus med enbart mekanisk frånluft, s k F-system, finns ingen annan enkel möjlighet att återföra frånluftens värme till byggnaden. Flerbostadshus av just denna typ utgör en betydande del av det totala befintliga bostadsbeståndet i Sverige.
- Energibesparing bör bedömas med hänsyn till energislaget och dess tillgänglighet.

För den aktuella typen av värmepumpar ligger det närmast till att använda elektriska drivmotorer. Energin för tappvarmvattenvärmningen kommer nu i många fall från oljeeldade pannor lokalt placerade eller i större panncentraler. Det kan alltså ofta bli fråga om att genom värmepumpen spara olja medan ca en femtedel av den insparade oljans energiinnehåll förbrukas i form av elenergi för värmepumpens drift.

I sammanhanget bör observeras att oljeeldade värmeanläggningar och särskilt sådana med stora distributionsnät under sommarhalvåret ofta har betydande förluster och därmed låg verkningsgrad. Om de eldrivna värmepumparnas drifttid kan anpassas efter elkrafttillgången så kan de bidra till ett bättre utnyttjande av den elektriska produktions- och distributionsapparaten. Nämnda faktorer bör vägas in i en slutlig värdering av besparingsmöjlighet och totalekonomi.

1.5 Allmänt om värmepumputrustning

1.5.1 Förutsättningar för värmepump

Av driftsmässiga skäl är värmepumpens maximala kondenseringsstemperatur ca 60°C. Vidare skall tappvarmvattnet av sanitära skäl vara betryggande avskilt från värmepumpens arbetsmedium, vilket säkrast uppnås genom införande av ett mellanmedium, som dock gör att ett värmeöverföringsmotstånd tillkommer. Sagda medför, att utgående vattentemperatur blir max ca 50°C. I följande avsnitt behandlas problem i samband med värmepumpens placering, lämpligt köldmedium samt värmepumpens kapacitet.

1.5.2 Placering

Var värmepumpen placeras avgörs av faktorer såsom,

- tillgång till vindsutrymme
- Önskemål om direktkylning
- antal frånluftsfläktar och avståndet mellan dessa
- krav på service och åtkomlighet
- ljudkrav
- installation

Fördelarna med placering av kylmaskinen i anslutning till frånluftfläkten är att man kan undvika en värmeväxlare med tillhörande temperaturfall genom att tillämpa direktkylning av frånluften. Detta medför en billigare installation och en bättre årsverkningsgrad.

Placering av kylmaskinen i t ex pannrum kräver normalt en köldbärarkrets mellan förångare och kylbatteri. Vid större kylmaskiner är placeringen i pannrum en fördel ur installations- och ljudsynpunkt. Denna placering är i de flesta fall också till fördel ur service- och underhållssynpunkt. Ett vatten/glykolsystem på förångarsidan förenklar dessutom systemet då värmeåtervinning sker från 2 eller flera frånluftsfläktar. Man kan i detta fall även använda sig av enkla standard- vatten/vatten värmepumpsaggregat. El finns också i de flesta fall enklare tillgängligt i anslutning till panncentral.

1.5.3 Köldmedium

När det gäller valet av köldmedium hänger detta samman med den temperatur till vilken man vill värma vattnet. De två medier som är intressanta i detta sammanhang är R22 och R12.

Fördelen med R22 är att värmepumpen blir något billigare genom att något mindre kompressor krävs för en viss effekt.

Nackdelen är att kondenserings Temperaturen ej bör överstiga ca 50°C vilket medför en begränsning av tappvarmvattentemperaturen. Det är tänkbart att kompensera den låga temperaturen med en extra växlare där värmets från hetgasen tas tillvara.

Fördelarna med R12 är att man kan arbeta med en värmebärartemperatur från kondensorn upp till exempelvis 65°C, vilket motsvarar minst ca 60°C i ackumulatorn. Detta leder till att man - om systemet i övrigt är dimensionerat härför eventuellt kan ställa av panncentralen under sommarmånaderna. Om tappvarmvattnet kan tillgodogöras på 45°C-nivån har man också skaffat sig en "värmebuffert" som kan reducera ackumulatorns storlek. Om man har R22 måste ackumulatorn vara ca 1,5 gånger större för att man skall uppnå samma ackumuleringseffekt.

Nackdelen med R12 är att värmepumpen blir något dyrare än med R22, vid samma kapacitet, genom behovet av större kompressor.

Slutsatsen av ovanstående blir att trots att en värmepump med R12 blir dyrare bör detta med god marginal vägas upp av förbättrad prestanda på de flesta punkter. Man bör således överväga R12 som köldmedium.

1.5.4 Kapacitet

Valet av lämplig kyleffekt och därmed värmeeffekt påverkas av flera faktorer. En övre praktisk gräns sätts av att frånluften inte gärna kan kylas lägre än till den temperatur där risk för påfrostning inträffar.

Övriga gränser bestäms av installationens lönsamhet med hänsyn till tappvarmvattenanvändning och basinvestering.

Det lönar sig exempelvis inte att välja en värmepump med låg kapacitet, trots att den då med säkerhet får en lång drifttid och därmed gynnsamma driftförhållanden, då basinvesteringen är relativt hög. Det lönar sig heller inte, av ovanstående skäl, att välja en okritiskt hög kapacitet, då driftförhållandena blir dåliga och marginalbesparingen till slut för låg.

Det slutliga valet av kapacitet/kyleffekt hänger intimt samman med årsenergiebehovet och dess fördelning över året och dygnet, vald ackumulatorstorlek och vald högsta temperaturnivå i ackumulatorn.

En allmän slutsats blir att det är ett lika stort fel att välja en för liten som en för stor värmepump (kyleffekt/kapacitet). Dimensioneringen bör följdaktligen göras så omsorgsfullt som möjligt.

Det finns idag ingen officiell undersökning som belyser tappvarmvattenförbrukningen och dess variationer tillräckligt ingående. En uppskattning av medelförbrukningen kan emellertid göras. (6)

1. Enligt Byggeforskningsrapport 29:1970 är:

$$Q = 4.300 + 700 (P-3) \text{ kWh/lgh, år}$$

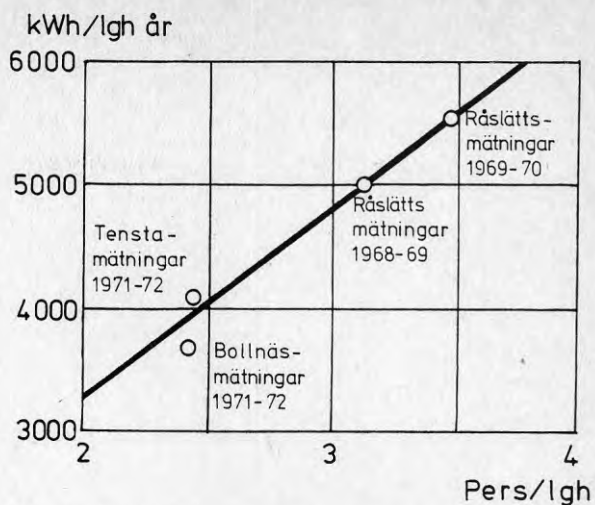
där P är antalet boende per lägenhet.

P är i medeltal 2,3 personer, vilket medför att:

$$Q \approx 3.810 \text{ kWh/år}$$

2. Enligt olika mätningar varierar Q mellan 3.500 och 5.500 enligt figur 1.1.

Årlig tappvarmvattenförbrukning per lgh som fkn av antalet boende per lgh.



Källa: Teknisk Tidskrift nr. 7. 1974

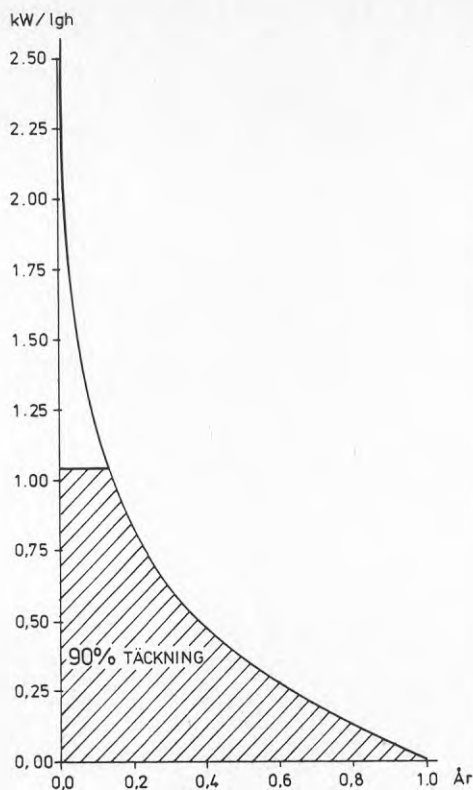
Figur 1.1

Eh försiktig bedömning skulle då ge ett medel varmvattenbehov per lägenhet på

$Q \approx 4.000 \text{ kWh/lgh, år}$

Om Q är högre, blir besparingen och därmed lönsamheten bättre, medan täckningsgraden blir något lägre.

I figur 1.2 visas en varaktighetskurva för varmvatteneffekt.



Figur 1.2 Varaktighetskurva för varmvatteneffekt i kW. Källa BFR R10:1974

1.6 Faktorer som påverkar systemet

Det finns ett stort antal faktorer/systemvarianter som på ett avgörande sätt påverkar systemet, de viktigaste är:

- tappvarmvattenanvändning, flöde och tappningsfrekvens
- tappvarmvattentemperatur
- värmepump - kapacitet, köldmedium, placering
- ackumulator - typ, storlek
- kylbatteri
- tillgängligt värme i frånluften

I steg 1 har teoretiskt studerats hur man med hjälp av standardkomponenter kan bygga upp ett system där värme via en värmepump hämtas ur frånluften och tillföres tappvarmvattnet och hur de enskilda komponenterna väljs i förhållande till varandra för bästa lönsamhet.

2 INSTALLATIONSOMÖJLIGHETER I DET BEFINTLIGA BOSTADS- BESTÅNDET

2.1 Allmänt

För flerbostadshus med mekanisk frånluft gäller i stort sett följande:

Frånluftsflödet är $140-180 \text{ m}^3/\text{h}$, lgh ($0,04-0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, lgh) eller av storleksordningen $2 \text{ m}^3/\text{h}$, m^2 lägenhetsyta. Temperaturen på frånluften torde vara ca $+22^\circ\text{C}$ och variationerna under året är små. Detta innebär att frånluftens värmeinnehåll kan antas till ca 38 kJ/kg (gäller för $+22^\circ\text{C}$ och $40\% \text{ RH}$). Vid kylning 10°C erhålles $38-25 = 13 \text{ kJ/kg}$ eller ca 16 kJ/m^3 frånluft.

Energimängden per år och m^2 ly blir under dessa förhållanden ca 80 kWh/m^2 ly, år om kontinuerlig drift hela året förutsätts. Värmebehovet för uppvärmning och varmvattenvärmning kan för denna typ av hus antas vara ca 200 kWh/m^2 ly, år varav 20 å 25% eller 40 å 50 kWh/m^2 ly, år åtgår för värmning av tappvarmvatten. Energiinnehållet i frånluften räcker således mer än väl till att täcka energibehovet för vv-värmning. Det bör dock givetvis påpekas att de ovan angivna siffervärdena gäller som årsgenomsnitt. Energiinnehållet för vv-värmning är som bekant inte alls jämnt fördelat och därför krävs antingen en betydande ackumulatorkapacitet eller att den ordinarie uppvärmningsanordningen utnyttjas vid höglast tillfällena.

Om kravet på varmvattnets temperatur kan begränsas så bör en värmefaktor på ca 4 kunna påräknas d v s att energibehovet för vv-värmning kan reduceras till ca 25% för den del som täcks av värmepumpen.

2.2 Energitillgång

Som ovan nämnts är den energi, som kan utvinnas ur frånluften från en bostadslägenhet, mer än väl tillräcklig för värmning av det tappvarmvatten som genomsnittligt förbrukas i lägenheten. Den utvinnbara effekten är troligen ca 2 ggr det genomsnittliga effektbehovet för tappvarmvattenvärmning.

Effektutgången kan antas ha små variationer till följd av att frånluftens temperatur och fuktighet varierar obetydligt med året. Det är inte helt nödvändigt att varmvatten serveras till exakt samma lägenheter som de från vilka frånluften kommer. Variationerna i frånluftens tillstånd beträffande temperatur och fuktighet är dock litet undersökt och dokumenterat eftersom sådana resultat hittills varit ointressanta. Mätresultat i detta avseende bör därför insamlas från experimentanläggningarna i första hand då detta är nödvändigt för utvärdering av den aktuella värmepumpen men också för att få en bättre allmän statistik. Som ovan nämnts ger frånluften vid 10°C temperatursänkning ca 16 kJ/m^3 . Med $150 \text{ m}^3/\text{h}$, lgh blir detta 2400 kJ/h , lgh eller $0,67 \text{ kW/lgh}$. Detta innebär en angiven värmeeffekt från värmepumpen på ca $0,8 \text{ kW/lgh}$.

I delrapport 6 redovisas att värmeinnehållet i 22°C frånluft

från en lägenhet ($160 \text{ m}^3/\text{h}$) är ca $7300 \text{ kWh}/\text{år}$ relativt 6°C och att det balanserar väl det energibehov av $4000\text{--}5000 \text{ kWh}/\text{år}$, lgh som uppmätts och redovisats i olika BFR-rapporter (Tensta, Bollnäs, Råslätt). Se figur 1.1.

Med lämpligt val ackumulatorstorlek för att utjämna dygnsvariationerna i energibehov till tappvarmvatten torde engbesparing av $2000\text{--}3000 \text{ kWh}/\text{år}$, lgh vara möjligt.

2.3 Utrymmesbehov för ackumulatorer

I detta kapitel har ackumulatorvolymen beräknats med hjälp av varaktighetsdiagram för tappvarmvattenförbrukning för olika antal lägenheter. Erforderliga data för upprättandet av varaktighetsdiagrammen har tagits från en byggforskningsrapport av Gösta Svensson (1973).

I följande beräkningar och diagram redovisas ackumulatorvolymen, värmebehov för tappvarmvatten och värmepumpeffekter för 16, 26, 48, 100 och 147 lägenheter.

Ett dygn med stor varmvattenförbrukning ligger till grund för beräkningarna. Här redovisas beräkningar för 16 lägenheter. Se figur 2.1.

Värmepumpeffekten har valts så att om värmepumpen går med konstant effekt hela dygnet så räcker den producerade energin precis till att ge direktvärme en del av dygnet samt till ackumulering av erforderlig energi för resten av dygnet.

Beteckningar;

Q = Värmebehovet för tappvarmvatten under ett dygn

K = Omvandlingskonstant av kWh till kcal

Δt = Temperaturdifferens mellan varm- och kallvatten

Dygnet energibehov är: 280 kWh eller $17,5 \text{ kWh/lgh.}$

Erforderlig angiven värmepumpeffekt är:

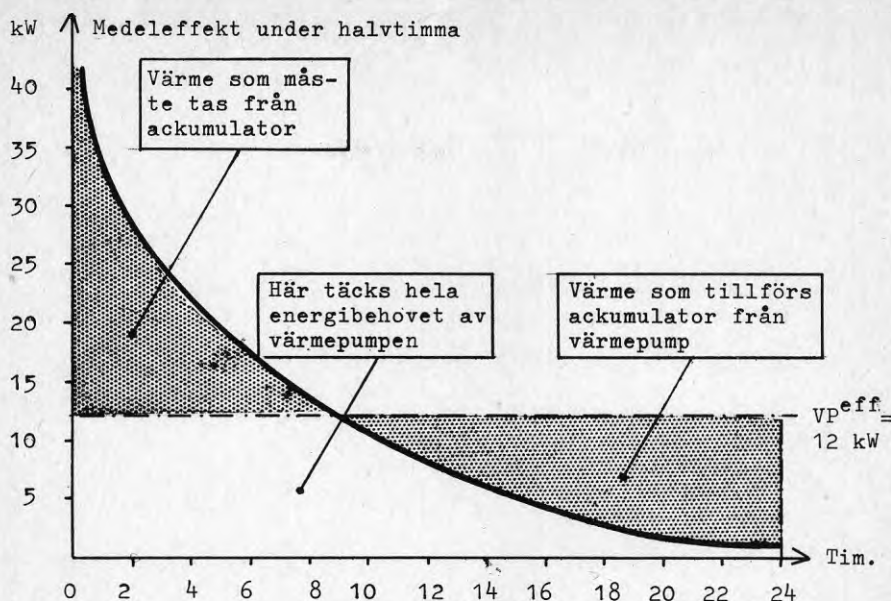
$$\frac{280}{24} = 12 \text{ kW eller } \underline{0,75 \text{ kW/lgh.}}$$

Värmemängd som behöver lagras är: 100 kWh eller $6,25 \text{ kWh/lgh.}$

Erforderlig ackumulatorvolym är:

$$\frac{Q \cdot K}{\Delta t} = \frac{100 \cdot 860}{50} = 1700 = 1,7 \text{ m}^3 \text{ eller } \underline{106 \text{ l/lgh.}}$$

En sammanfattning av ackumulatorvolymen, värmebehov och värmepumpeffekter för olika antal lägenheter finns i tabell 2.1. Beräkningarna är gjorda för ett dygn med stor varmvattenförbrukning.



Figur 2.1 Varaktighetsdiagram som visar värmebehovet för tappvarmvatten för 16 lägenheter under ett dygn med stor förbrukning.

Tabell 2.1 Sammanfattning av ackumulatorvolym, värmebehov och värmepumpeffekter för ett dygn med stor varmvattenförbrukning.

Antal lgh	Energi- behov	Värmepump- effekt	Värmemängd att lagra	Ackumulator- volym	
	kWh/lgh	kW/lgh	kWh/lgh	l/lgh	m ³
16	18	0,75	6,3	106	1,7
26	20	0,85	8,8	152	4
48	20	0,83	7,3	125	6
100	17	0,68	5,9	102	10
147	21	0,86	5,6	96	14
Medel- värde	19	0,8			

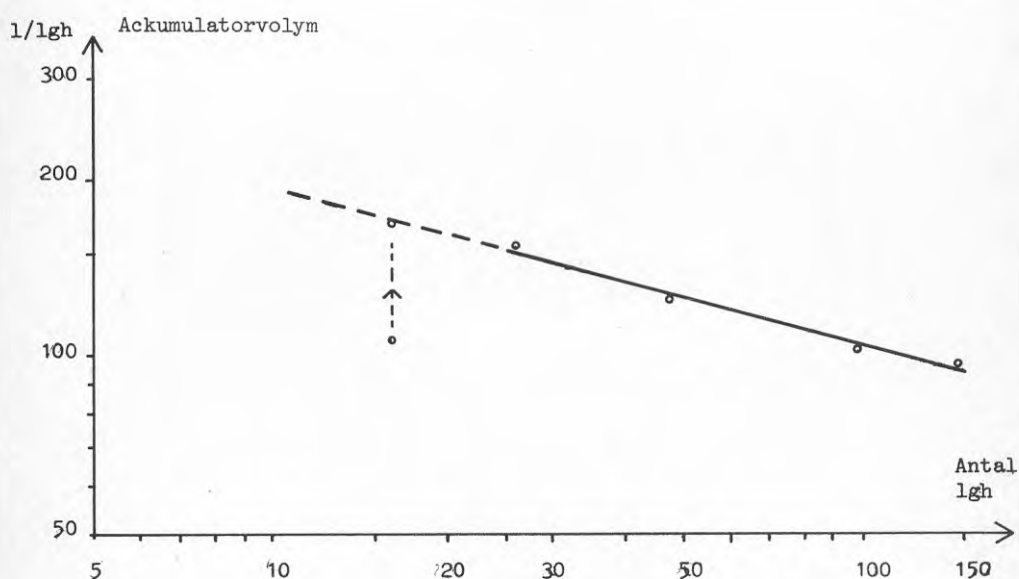
I tabell 2.1 kan man utläsa att energibehovet är i medeltal 19 kWh/lgh x dygn och värmepumpeffekten är ca 0,8 kW/lgh. I fastigheter med stort antal lägenheter krävs orimligt stora ackumulatorer.

volymer i förhållande till tillgängliga utrymmen i befintliga fastigheter. De i tabellen angivna värdena grundar sig på en temperaturdifferens lika med 50°C mellan inkommande kallvatten och utgående tappvarmvatten.

I figur 2.2 är sambandet mellan antal lägenheter och erforderlig ackumulatorvolym uppritad.

Ackumulatorvolymen för 16 lägenheter avviker avsevärt från den räta linjen. Detta beror antagligen på att 16 lägenheter är ett för litet antal att mäta på för att få ett rättvisande värde för ackumulatorvolymen per lägenhet. D v s, resultatet kan variera ganska avsevärt mellan olika objekt. Tappvarmvattenförbrukningen för 16 lägenheter bör vara ca 170 l/lgh istället för 106 l/lgh.

Lägg vidare märke till att ju fler lägenheter fastigheten består av desto mindre varmvatten behövs ackumuleras per lägenhet.



Figur 2.2 Ackumulatorvolym per lägenhet som funktion av antalet lägenheter. (Log-log skalor). De i diagrammet angivna ackumulatorvolymerna grundar sig på temperaturdifferensen 50°C mellan inkommande kallvatten och utgående tappvarmvatten.

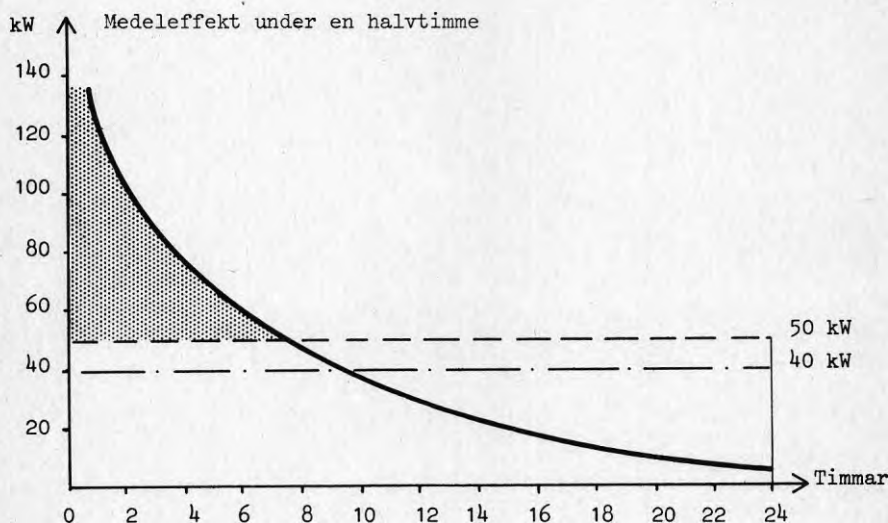
En av avsikterna med installation av värmepump för tappvarmvatten är att man skall slippa att elda under sommarmånaderna. För att det aldrig skall bli brist på tappvarmvatten vid något tillfälle så krävs ackumulatorvolymen enligt figur 2.2. Om man på grund av

utrymmes- eller kostnadsskäl minskar ackumulatorvolymen så kommer tappvarmvattenbehovet ej att kunna täckas under ett visst antal timmar under en vecka med normal förbrukning. Eftersom tappvarmvattenförbrukningen är lägre på sommaren så kan man antaga att det under denna tid kanske räcker med halva ackumulatorvolymen och ingen tillsatsvärme utan att kännbara brister i tappvarmvattentemperaturen uppstår hos brukarna.

2.4 Samband mellan värmepumpeffekt, ackumulatorvolym och tillsatsvärme

För att klara dygnsvariationerna för tappvarmvatten så erfordras ganska stora utrymmen i fastigheterna för varmvattenbehållare. Erforderlig ackumulatorvolym kan minskas antingen genom att öka värmepumpeffekten eller genom att tillföra direktvärme för att klara toppbelastningarna. Möjligheterna att öka värmepumpeffekten är givetvis begränsade bl.a på grund av den begränsade värmekällan.

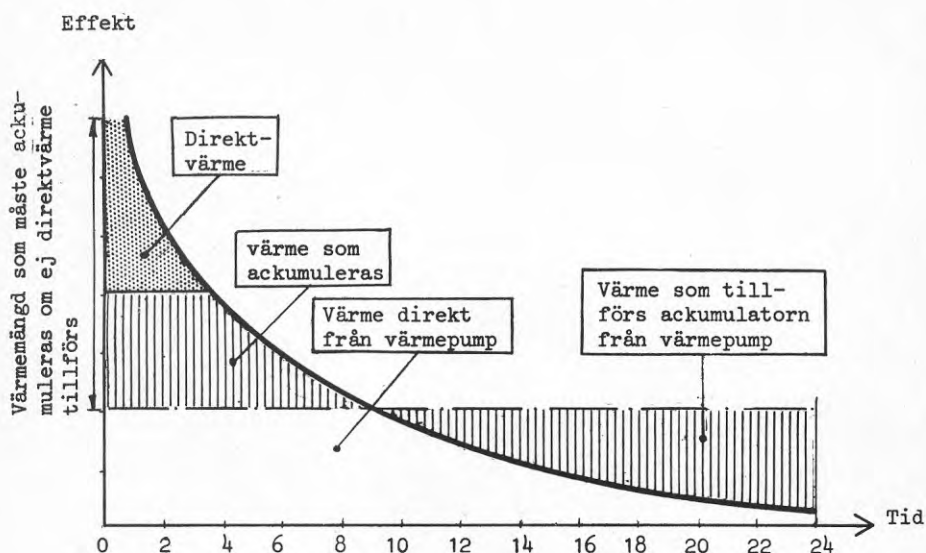
Låt oss studera vad som händer om man ökar värmepumpeffekten från 40 till 50 kW i varaktighetsdiagrammet för 48 lägenheter. Se figur 2.4



Figur 2.3 Varaktighetsdiagram för värmebehovet för tappvarmvatten för 48 lägenheter under ett dygn med stor förbrukning. Värmepumpeffekten ökas här från 40 till 50 kW.

Den ökade värmepumpeffekten medför att den värmemängd som behöver lagras minskar från 350 kWh till 260 kWh och den erforderliga ackumulatorvolymen minskar från 6 m³ till 4,5 m³. Nackdelen med denna lösning är att man måste använda en större värmepump.

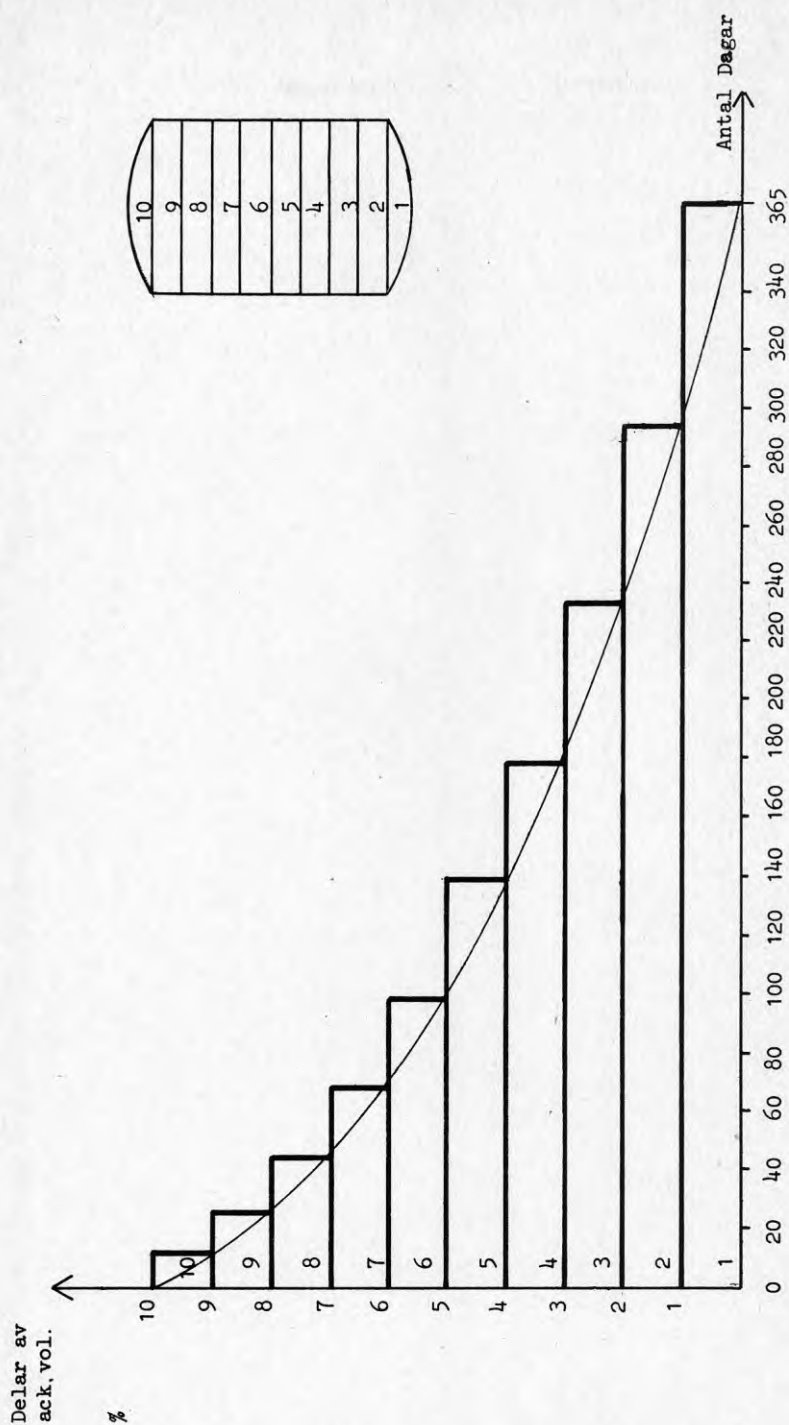
Låt oss studera vad som händer om man behåller den ursprungliga värmepumpen och tillför direktvärme för att kunna minska ackumulatorvolymen. Direktvärmen kan tillföras till varmvattenberedare från fjärrvärmenät, el-panna eller oljepanna. I figur 2.4 visas principen för värmning av tappvarmvatten för ett dygn med stor förbrukning då en del av värmen tillförs i form av direktvärme.



Figur 2.4 Varaktighetsdiagram för värmebehovet för tappvarmvatten för ett dygn med stor förbrukning. Här visas principen för uppvärmning då direktvärme tillförs.

Om den ackumulator som erfordras vid enbart värmepumpdrift delas i tio volymdelar så kan besparingen i ackumulatorkostnader och extra kostnader på grund av direktvärme beräknas för varje tiondel av ackumulatören som man beslutar sig för att inte bygga in i anläggningen.

För att kunna beräkna den energi som måste tillföras som direktvärme då ackumulatören minskas med ett visst antal topndelar av sin ursprungliga volym måste man känna till hur många dagar per år som varje del av ackumulatören används. Diagrammet i figur 2.5 visar ett antagande om hur lång tid varje del av ackumulatören utnyttjas. Exempelvis används den åttonde tiondelen av ackumulatorvolymen 45 dagar per år.



Figur 2.5 Diagrammet visar antaganden om antal dagar som varje tiondel av ackumulatorvolymen utnyttjas.

I tabell 2.2, vilken är upprättad för 48 lägenheter, kan man utläsa:

- hur många procent av ackumulatorvolymen som utnyttjas i olika fall.
- antal dagar under året som varje tiondel av ackumulatorvolymen utnyttjas.
- den ackumulatorvolym man slipper att installera då man kapar ett visst antal tiondelar av ackumulatören.
- den energimängd som man måste tillföra i form av direktvärme för varje tiondel av ackumulatorvolymen som denna minskas. Vattnets energiinnehåll är ca 50 kWh/m³.
- den ackumulerade energimängd som man måste tillföra i form av direktvärme då man tagit bort ett visst antal tiondelar av ackumulatören.
- den besparing man gör då man installerar en mindre ackumulator eller färre ackumulatörer. Kostnaden för kopparfodrade beredare antas vara ca 6000 kr/m³.

Den totala värmeförbrukningen för en normallägenhet (70 m²) kan antas till 100 W/m² lägenhetsyta och fulleffektdrifttiden kan antas vara 2000 timmar/år. Detta ger värmeförbrukningen 14 000 kWh/år. Värmeförbrukningen som härav åtgår för uppvärmning av tappvarmvatten uppskattas till 25% d v s 3500 kWh/år. Flera projektmedtagare har antagit 4000 kWh/lgh, år.

Om hela den energin som ursprungligen skulle ackumuleras istället direktvärms så blir förhållandet mellan detta direktvärmebehov och totala värmebehovet följande för 48 lägenheter:

$$\text{För 1 år} \quad \frac{918 \text{ kWh/lgh}}{3500 \text{ kWh/lgh}} = 26\%$$

$$\text{För 1 dygn med stor förbrukning} \quad \frac{350 \text{ kWh}}{960 \text{ kWh}} = 36\%$$

D v s andelen direktvärme utav hela värmebehovet för tappvarmvatten är betydligt större för ett dygn med stor förbrukning än för ett år. Detta visar att gjorda antaganden figur 2.5 är rimliga.

Tabell 2.2 Tabellen visar vad som händer om man minskar ackumulatorvolymen med mellan 10 och 100% av densamma. Underlaget är tappvarmvattenmätningar på 48 lägenheter.

Akkumulator- volym i 10- delar	Procent av ack.- volym som ut- nyttjas	Antal dgr under året som varje del av ack.-volymen ut- nyttjas	Minskning av ack.- volymen med: l/lgh	Energi som måste tillföras som direktvärme: kWh/lgh x år per 10-del	Besparing p g a minskat ack.- volym kr/lgh
10	90	10	12,5	6	75
9	80	25	25,0	16	150
8	70	45	37,5	28	225
7	60	70	50,0	44	300
6	50	100	62,5	63	375
5	40	140	75,0	88	450
4	30	180	87,5	113	525
3	20	235	100,0	147	600
2	10	295	112,5	185	675
1	0	365	125	228	750

2.5 Överslagsmässig lönsamhetsanalys

I detta avsnitt görs en överslagsmässig analys av den extrakostnad som uppstår på grund av att direktvärme används istället för värme från värmepump. Direktvärmens antages kosta 10 respektive 20 öre/kWh mer än den värme som ackumuleras med hjälp av värmepump. Den högre differenskostnaden, d v s 20 öre/kWh, kan möjligen motiveras eftersom utredningen inte tar hänsyn till vissa kostnader.

I tabell 2.3 visas besparing p g a minskad ackumulatorvolym (taget från tabell 2.2), extrakostnader för direkt värme samt "Pay off", d v s det antal år man kan använda direktvärme utan att besparingen p g a minskad ackumulatorvolym överskrider.

Tabell 2.3 Överslagsmässig lönsamhetsanalys, extrakostnader p g a direktvärme kontra besparing p g a minskad ackumulatorvolym. Tabellen grundar sig på tappvarmvattenmätningar på 48 lägenheter.

% av ack.volymen som utnyttjas	Besparing p g a minskad ack.- volym Kr/lgh	Extra kostnad p g a direktvärme Kr/lgh x år		"Pay off" år	
		10 öre/kWh	20 öre/kWh	10 öre/kWh	20 öre/kWh
90	75	0,6	1,2	125	63
80	150	2,2	4,4	68	34
70	225	5,0	10,0	45	23
60	300	9,4	18,8	34	17
50	375	15,7	31,4	24	12
40	450	24,5	49,0	18	9
30	525	35,8	71,6	15	8
20	600	50,5	101,0	12	6
10	675	69,0	138,0	10	5
0	750	91,8	183,6	8	4

Om man räknar med en extrakostnad på 10 öre/kWh för direktvärme jämfört med värme från värmepump, blir det svårt att ekonomiskt motivera installation av ackumulatorer. Å andra sidan finns det tekniskt-praktiska skäl att installera en behållare för att klara av korta toppbelastningar i tappvarmvattenförbrukningen. I de befintliga hus som det är frågan om, kan man tänka sig att utnyttja befintliga varmvattenberedare, om dessa är av lämplig typ.

En extrakostnad på 20 öre/kWh ger kortare pay off tider. Om en pay off tid på 9 år kan accepteras så motiverar detta en ackumulatorvolym som är 40% av den ackumulatorvolym som erfordras då

ingen direktvärme används. För exemplet med 48 lägenheter innebär detta en ackumulatorvolym på 50 l/lgh istället för 125 l/lgh eller $2,4 \text{ m}^3$ istället för 6 m^3 .

2.6 Undersökning av utrymme för kompletterande installationer

För att få en bild av vilka möjligheter det finns för att installera värmepumpar och ackumulatorer i det befintliga bostadsbeståndet måste man känna till hur stor andel av bostadshusen med F-system som har tillräckligt stora utrymmen för ändamålet. De i projektpaketet deltagande företagen har i samband med planeringen av sina respektive experimentanläggningar givetvis fått beakta förutsättningarna för installation av sin utrustning i den aktuella fastigheten. Dessa eventuella erfarenheter kunde dock inte ge någon uppfattning om vilka förutsättningar som generellt kan anges gälla i det aktuella beståndet av flerbostadshus. De viktigaste faktorerna är tillgången på utrymmen för värmepump och ackumulatorer samt förekomsten av olika ventilationssystem. För att få en bättre uppfattning om nämnda hinder och möjligheter i allmänhet i husbeståndet har en undersökning gjorts av en utvald del av flerbostadshus ägda av Göteborgs Stads Bostadsaktiebolag. Medellägenheten är en 3-rums lägenhet på $65 - 70 \text{ m}^2$. Dimensionerna på kallvattenstammarna i översta våningsplanen varierar mellan 15 och 33 mm. Byggnader med självdragsventilation har ej undersökts eftersom de ej är intressanta i detta sammanhang. Av stort intresse är om det finns plats för intagning av ackumulatorer och värmepumpar i källare och på vind. Tabell 2.4 visar ungefär vilka intagsöppningar som finns i olika hus byggda på 50 och 60-talet.

Tabell 2.4 Intagsöppningar för ackumulatorer och värmepumpar.

Byggnadsår	Dörröppning (bredd)	
	Källare	Vind
1950 - 1965	80 - 100 cm	ca 80 cm
1965 - 1970	80 - 100 cm	i regel takluckor ca 60 x 60 cm

I de flesta av de undersökta husen finns plats för placering av kylbatteri i frånluftkanalerna efter frånluftfläktarna. En del hus byggda på 1960-talet har dock frånluftfläktarna placerade i huvar på yttertak. Här behövs speciella arrangemang för inkoppling av kylbatterier. I tabell 2.5 visas det utrymme som en värmepump kan antas kräva. Höjden på aktuella värmepumpar uppskattas till mellan 1 och 1,5 m.

Tabell 2.5 Erforderlig golvyta för värmepump som försörjer 20, 40 eller 100 lägenheter med värme.

Antal lgh	Erforderlig golvyta (m ²)
20	2
40	3
100	4

Antalet lägenheter som är anslutna till en fläkt varierar mellan 7 och 100 i de undersökta bostadsområdena. Vanligast är dock ca 35 lägenheter per fläkt.

2.7 Fördelning av ventilationssystem i befintligt bostadsbestånd

De befintliga bostadshusen kan antas vara fördelade på byggnadsår och ha värme- och ventilationssystem enligt tabell 2.6 nedan.

Tabell 2.6 Befintligt bostadsbestånd och dess värme- och ventilations-system. (Larsson, 1978).

Byggår	Antal bostäder tusental	Antal boende miljoner	Typ av värme-system	Typ av ventilationssystem	Energibehov per boende kWh/år
före 1930	878	2,2	vattenrad	S	13 000
31-45	581	1,5	"	S	11 000
46-50	218	0,5	"	85% S; 15% F	13 500
51-65	994	2,5	"	53% S; 47% F	9 200
66-70	473	1,2	vattenrad/ elvärme	10% S; 72% F 18% FT	9 900
okänt	35	0,1		S	-
Totalt	3 179	8,0			11 000

S = självdrag

F = mekanisk frånluft

FT = mekanisk, från- och tilluft

Tabell 2.7

Tillgängliga utrymmen för värmepumpar och ackumulatorer i ett antal bostadshus som antages vara representativa för bostadsbeståndet i landet. Område nr hänför sig till Göteborgs Stads Bostads-aktiebolags områdesnumrering.

F = mekaniskt frånluftssystem

T = mekaniskt tilluftssystem

Område nr	Hustyp	Antal hus	Byggår	Antal lgh/hus	Antal lgh/ apparatrum	Ventilations- system	Utrymme för	
							Akkumulator	Värmepump
06	5-vån punkthus	4	1949-52	30	30	F	I källarlokal in- till apparatrum	I torkrum på vind
04	9-vån punkthus	6	1950-51	50	50	F	Dåligt med utrymme	Dåligt med ut- rymme
08	9-vån hus	7	1953-57	35	70 - 105	F	I apparatrum	På taket (fd piskutrymme)
08	11-vån hus	5	1953-57	33	165	F	-	-
08	9-vån hus	5	1953-57	36	36	F	I apparatrum	I vindsförråd om dessa kan dispo- neras
19	8-vån punkthus	4	1963	32	32	F	I mopedrum	I förråd
	skivhus	3	1963	88	88	F	I apparatrum eller i mopedrum	På kallvind

Fortsättning Tabell 2.7 nästa sida.

Tabell 2.7 Fortsättning

Område nr	Hustyp	Antal hus	Byggår	Antal lgh/hus	Antal lgh/ apparatrum	Ventilations- system	Utrymme för	
							Accumulator	Värme pump
25	3-5 vån hus	14	1965-67	58 - 119	58 - 119	T/F	I apparatrum eller i intilliggande utrymmen	Mycket dåligt med plats
18	7-vån hus	1	1967	210	210	F	I uthyreslokaler	Ovanpå plant yttertak
	"	1	1967	126	126	F	I källarlokal	"
	"	1	1967	84	84	F	I garage	"
22	3-4 vån hus	1	1967-68	103	103	F	I lokal (ca 12 m ²)	På kallvind (mycket trångt)
26	8-vån hus	5	1968-69	40	80	T/F	I apparatrum	
26	3-vån hus	12	1968-69	41		T/F	I förråd	I fläkttrum eller på taket
26	4-8 vån hus	3	1968-69	168		T/F	"	På kallvind (trångt)
26	3-vån hus	1	1968-69	28		T/F	"	"
26	3-vån hus	3	1968-69	105		T/F	"	"
26	4-vån hus	1	1968-69	45		T/F	"	"

Fortsättning Tabell 2.7 nästa sida!

Tabell 2.7 Fortsättning

Område nr	Hustyp	Antal hus	Byggår	Antal lgh/hus	Antal lgh/ apparatrum	Ventilations- system	Utrymme för	
							Akkumulator	Värmepump
31	6-vån hus	5	1969-71	160 - 320	160 - 320	F	I snickerförråd	På plant ytter- tak (besvärligt)
31	3-4 vån hus	3	1969-71	111 - 200	111 - 200	T/F	-	-
33	7-8 vån hus	10	1971-72	125 - 375	125 - 375	F	I källarförråd och apparatrum	På kallvind eller i fläkt- rum

Antalet fastigheter där värmepump för tappvatten kan användas, begränsas av att:

- utrymme för ackumulator saknas
- utrymme för värmepump saknas
- dörrar och luckor är för små för att utrustningen skall kunna föras in i byggnaden

Om enbart värmepump används för att värma tappvarmvattnet så kommer stora ackumulatorvolymmer att krävas. Det kan således vara lämpligt att tillföra annat värme dels för att minska den erforderliga ackumulatorvolymen dels för att få ett ekonomiskt optimalt system i den mån detta är möjligt.

I Sverige finns drygt 900 000 lägenheter i flerfamiljshus med frånluftsventilation, som utgör den potentiella marknaden för den föreslagna tekniken. Av de hus som är byggda mellan 1946 och 1970 har ca 60% frånlufts-system. På grundval av den besiktning som här har gjorts av ett representativt bostadsbestånd uppskattas att det i 40% av fastigheterna med frånlufts-system går att installera värmepump för tappvarmvatten. Detta innebär ca en fjärdedel (40% x 60%) av samtliga bostäder byggda från 1946 till 1970 eller ca 400 000 lägenheter. Från denna potential skall i nuläget dras de lägenheter som är eller kommer att bli anslutna till fjärrvärme. Detta därför att taxekonstruktionen och taxepolicyn från fjärrvärmeverken är sådan, att en installation av en energisparande utrustning är av det aktuella slaget blir ointressant vid fjärrvärmeanslutna fastigheter. Med fjärrvärme förutsätts här värme från mottryckskraftverk.

3 TAPPVARMVATTEN SOM VÄRMESÄNKA

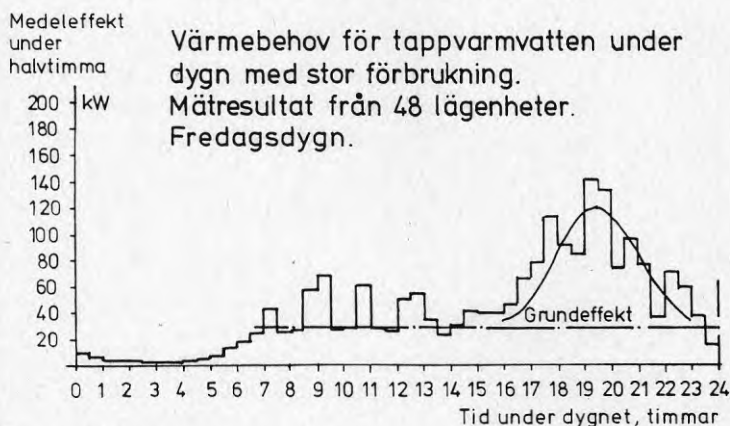
Tappvarmvattnets värmebehov är beroende av de boendes familjestruktur samt hygien- och andra vanor. Behovet är något större under vintern än under sommaren beroende bl.a på en lägre inkommande vattentemperatur under vintern och semesterbortvaro under sommaren. Värmebehovet varierar kraftigt under veckan (stort behov fredag-söndag) och under dygnet (stort behov på kvällen). Med viss tappvattenvärmeackumulering är frånluftens värmeinnehåll med god marginal tillräckligt för tappvarmvattenbehovet. Tappvarmvattenberedning för bostäder kräver relativt hög temperatur, 50 å 60°C, på det värmande mediet. I gengäld är temperatur- och effektkrav närmast konstanta över året, dock ej över dygnet. Med dygnsackumulering och en värmekälla med stabil temperatur över året kan således mycket lång utnyttjningstid uppnås. Tappvarmvattenberedning kännetecknas av att det inkommande vattnet har en låg temperatur, 5 å 10°C.

AB Svenska Fläktfabriken redovisar följande synpunkter angående tappvarmvattentemperatur:

Generellt kan sägas att ju lägre tappvarmvattentemperatur man kan acceptera, desto större besparing kan göras. Detta hänger samman med att man vid en låg accepterad temperatur, oftare än vid en hög, har tillräcklig temperatur i ackumulatortanken och följaktligen mer sällan behöver eftervärma vattnet till rätt nivå.

En praktisk undre gräns ligger vid 42 - 45°C. Går man under denna temperatur löser sig nämligen inte fett i vatten, vilket upplevs som en standardförsämring. Detta bekräftas av privata undersökningar i flerfamiljshus, där man succesivt sänkt varmvattentemperaturen. Vid ungefär 43°C reagerade hyresgästerna kraftigt, från att tidigare ej nämnvärt ha protesterat.

En rekommenderad varmvattentemperatur blir därför 45°C, vilket ger ett par graders marginal. Man skall här observera att detta är temperaturen vid tappstället. I figur 3.1 visas värmebehov för tappvarmvatten under dygn med stor förbrukning.



Figur 3.1

Källa: Byggeforskningsrapport R57:1973

SAMMANFATTNING AV DELRAPPORTER SAMT BESKRIVNING AV
FÖRSÖKSOBJEKT OCH TEKNISK LÖSNING

I detta kapitel redovisas sammanfattningar av delrapporterna för att läsaren skall kunna bilda sig en uppfattning om vilka problem som angripits av de olika författarna. Vidare omfattar kapitlet korta beskrivningar av de objekt som respektive deltagare koncentrerat sig på. Beskrivningarna är mer eller mindre omfattande. I en del av de här redovisade försöksobjekten kommer experimentanläggningar att byggas. I tabell 4.1 redovisas antal lägenheter samt m² bostadsyta för de olika objekten.

Tabell 4.1 Antal lägenheter samt m² bostadsyta för de olika försöksobjekten.

Försöksobjekt	Antal lägenheter	Antal m ² bostadsyta
1. AB Thermia-Verken	18	-
2. Allmänna Ingenjörssbyrå	72	3360
3. Teknisk Utveckling HB	38	1824
4. Kryotherm AB	30	1917
5. AB KyloVent	40	1441
6. AB Svenska Fläktfabriken	112	-
7. Thorvent Värmeindustri AB	23	1674
8. Totalinstallation i Göteborg AB	30	1600
9. Blackstone Sweden AB	30	2040

De i projektet tio deltagande företagen har trots likartade förutsättningar presenterat en tämligen rikt varierande provkarta på tekniska lösningar.

4.1 Projekt nummer 781492-0
AGA Heating/AB Thermia-Verken

4.1.1 Allmänt

Den lösning som valts utnyttjar ett indirekt system för värmeupptagning. Med flänselament i husets frånluftskanal sker värmeväxling till en värmebärare vilken cirkuleras genom flänselament och genom värmepumpens förångare. Värmepumpen tillsammans med tankar för varmvattenackumulering placeras som en enhet i husets apparatrum.

En speciellt arrangerad, s k satsvis värmning av varmvattnet har

studerats. Genom denna metod finns förutsättningar att öka värmefaktorn jämfört med ett konventionellt arrangemang med storleksordningen 0,5 enheter. Ökningen nås genom att värmepumpen ges möjlighet att arbeta med lägre genomsnittlig kondenseringsstemperatur än vid mera konventionella arrangemang.

Ett på avsett sätt utfört värmepump- och varmvattenackumulatorsystem måste byggas som prototyp och lämpligen provas i laboratorium före installation. Efter laboratorieproven har en installation i en fastighet med 18 lägenheter planerats.

Som ett delresultat av förstudien i steg 1 kan nämnas att kostnaden för ett varmvattenberedarsystem av avsett slag inklusive installation har uppskattats till ca 66.000 Kr vilket avser priset i ett produktionsskede. Energibesparingen (jämfört med varmvattenberedning med direkt-el) har då beräknats till ca 36.000 kWh/år. Investeringen per inbesparad kWh/år är således ca 1:80 Kr.

4.1.2 "Satsvis värmning" av varmvatten vid värmepumpar

Bakgrund:

Avsikten med föreslagen anordning är att möjliggöra driftsförhållanden med så låg kondenseringsstemperatur som möjligt för värmepumpdriften. För att nå detta med bibehållen hög vattentemperatur i varmvattenackumulatoren utnyttjas principen av "satsvis värmning". Detta innebär att i tiden dela upp varmvattenberedningen så att man "portionsvis" låter värmepumpen arbeta mot vattenvolym som värms från en låg temperatur upp till önskad (hög) sluttemperatur. Genomsnittligt kommer således värmepumpen att arbeta med kallare vatten i kondensorn - lägre kondenseringsstemperatur - än om man hela tiden - på konventionellt sätt - låt den arbeta med cirkulation genom ett förråd som har den höga sluttemperaturen.

Beskrivning:

Figur 4.1 illustrerar ett sätt att arrangera "satsvis värmning". Vad som fordras för "satsvis värmning" är att varmvattenackumulatoren uppdelas på delvolymer (V1, V2 och V3) vilka står i förbindelse med varandra så att vatten kan överföras mellan de olika volymerna (praktiskt kan uppdelningen utföras på skilda tankar som antyds i figur 4.1 eller genom att utföra en tank med mellanväggar). Vidare erfordras en växlande ventil "VF" med styranordning för överföring av vatten mellan olika volymer på sätt som skall beskrivas. Ventilen "VF" skulle med fördel kunna vara av fluidistortyp - och därmed kunna utföras utan rörliga delar.

Avsedd funktion:

Under normal drift är "VF" öppen i riktning "B" och värmepumpen värmer då den sats av vatten som finns i "beredarvolymen" (V2). Temperaturen i vattnet stiger som funktion av tiden. Då vattnet nått upp till önskad hög temperatur ställs ventilen "VF" om, så att vattnet strömmar i riktning "A" varvid det (eventuellt via överhettningssvärmväxlaren, se figur 4.1) överförs till varmvattenackumulatorns förråd av "färdigvärt" vatten (V3).

Under denna sekvens fylls "beredarvolymen" (V2) med "kallt" vatten ur "kallvattenvolymen" (V1) vilken i sin tur påfylls av vatten

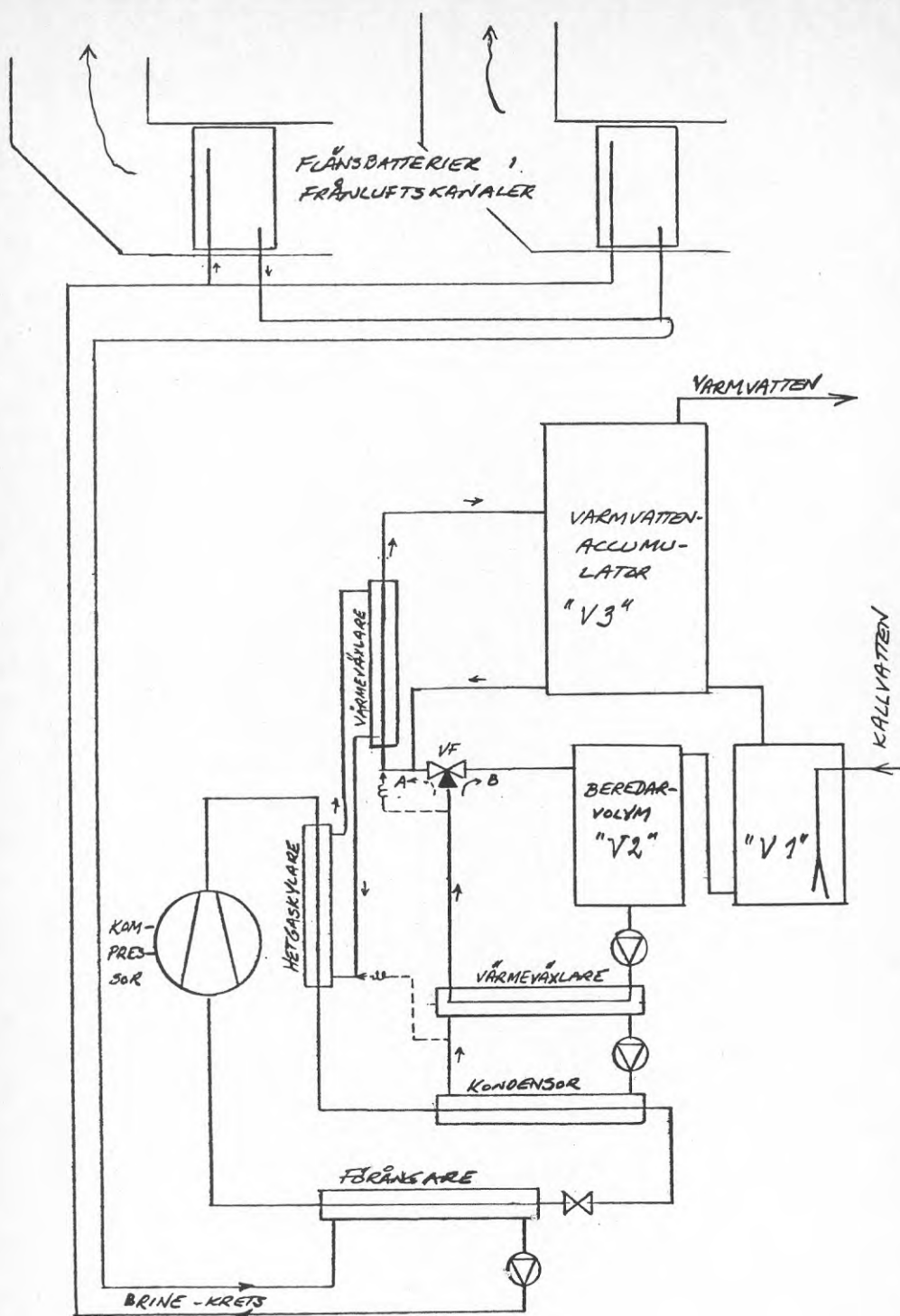
från botten på V3. Volymerna i V1 och V2 bör vara ungefär lika och då överföringen genomförts ställs ventilen "VF" om i normal-läge (=öppen mot "B"). I samband med varmvattentappningar påfylls kallt vatten i botten på V1 i vilken bästa möjliga skiktning eftersträvas så att omblandning undviks.

Styrningen av värmepumpdrift (och ventil "VF") efter behovet kan lämpligen ske enligt följande:

Då vattnet i beredarvolymen V2 nått avsedd temperaturnivå ($t_{V2} > t_{V2} \text{ bör}$) stoppas normalt sett värmepumpen såvida ej volymen V1 fyllts till en viss nivå med kallt vatten ($\text{d v s } t_{V1} \geq t_{V1} \text{ bör}$) i vilket fall överföringssekvensen vidtar med efterföljande ny värmningsperiod.

Värmepumpen startar **åter** (eller fortsätter att **gå**) då $t_{V1} \geq t_{V1} \text{ bör}$ och efter en stilleståndperiod börjar driften med en överföringssekvens varefter en värmningsperiod följer

Arrangemanget medför bl a att driftsperioderna för värmepumpen aldrig blir mindre än vad som motsvarar tiden för en överförings- och en värmningsperiod. (Med 100 liter i volymen V1 och V2 och med värmepump i storlek "400" blir gångtiden i storleksordningen 30 min).



Figur 4.1 Principalschema

4.2 Projekt nummer 781493-5
Allmänna Ingenjörskyrån AB

4.2.1 Allmänt

Avsikten med denna studie har varit att utarbeta ett specifikt förslag för värmeåtervinning ur ventilationsluft och värmning av tappvarmvatten med värmepump i en befintlig byggnad. I samband med installation av en värmepump måste andra åtgärder vidtagas i uppvärmningssystemet. Dessa åtgärder syftar till reducerade luftflöden, ökad returluft och förbättrad styrning. Lönsamheten av denna investering är god. Byggnadens förutsättningar för återvinning och värmning av ventilationsluft är goda eftersom både mekaniska till- och frånluftssystem finns. Det finns plats för installation av föreslagen utrustning. I vissa fall blir installationskostnaden hög på grund av platsbrist.

Ett värmepumpsystem har konstruerats där kompressorarbetet minimeras genom små temperaturdifferenser i värmeväxlare, låg överhettning i förångare och underkylning av arbetsmediet i kondensorer. Värmning av tappvarmvatten sker indirekt med en mellanliggande trycklös vattenkrets. I vattenkretsen finns en lagringstank för utjämning av värmebehovet. Värmning enbart av tilluft med värmepump kräver en investering av 226.000 Kr. Avbetalningstiden är 9,8 år. Energibesparingen är 44%. Värmning av tappvarmvatten kräver en tilläggsinvestering av 120.000 Kr. Återbetalningstiden är 14 år. Energibesparingen är 57% totalt. Känslighetsanalys av investeringsalternativens lönsamhet har utförts. Olika produktionsätt av elektricitet har beaktats.

Den aktuella fastigheten ligger i Stockholms innerstad. Den ägs och förvaltas av en bostadsrättsförening i vilken de boende är medlemmar. I byggnaden finns 72 st bostadslägenheter samtliga omfattande 2 rok med en total lägenhetsyta av 3360 m². Dessutom finns 1700 m² kontorslokaler huvudsakligen i form av kontorslandskap samt garage för 115 bilar. Bärande väggar är utförda i betong, ytterväggar är isolerade med 130 mm mineralull. Tätheten har bedömts som god. Uppvärmning sker med fjärrvärme från Stockholms Energiverk. Under 1978 förbrukades 1285 MWh värme. Därefter har åtgärder vidtagits för att minska luftmängderna så att värmebehovet nu uppskattas till 1100 MWh/år. Värmen fördelas i byggnaden med förvärmad tilluft och med cirkulerande varmvatten till konvektorer. Alla större utrymmen har såväl till- som frånluftventilation.

De projekterade luftmängderna i kontors- och garagedelarna är 5-10 gånger större än nu gällande normer. Kontoren kan kylas med en effekt av 175kW från en semihermetisk kylkompressor. Vid den sänkning av luftflödet som redan ägt rum arbetar kylkompressorn mycket ogynnsamt eftersom dess lägsta kapacitet är för stor för luftflödet genom kondensorn. Kylkompressorn sätter alltså en gräns för ytterligare energibesparing genom strypning av luftmängderna. Kylning av kontoren är nödvändig eftersom där befintliga datorer skadas av för hög temperatur. Fläktarna i kontors- och garagedelarna arbetar mycket ogynnsamt på grund av de nedstrypta luftflödena. Styrutrustningen är primitiv. Nattavstängning förekommer i kontorsdelen men samma luftmängd värms ändå upp som tilluft till garagen. Temperaturen på tappvarmvattnet i byggnaden har alltså hållits låg. Vid temperaturer mellan 43 och 45°C

klagar de boende på den låga temperaturen. Det senaste året har temperaturen varit 45-47°C

4.2.2 Steg 1. Reduktion av luftmängder

För att minska värme och elbehov skall luftflödet i kontors- och garagedelen reduceras till gällande normer. Om hel- och halvfart införs på samtliga fläktar kan energi sparas genom halvfart på dagtid i lägenheter och under icke kontorstid i kontor och garage. Om fläktarna alltid körs på halvfart vid låga utetemperaturer minskar det maximala effektuttaget på det valda energisystemet. Värmetillförseln bör styras av temperaturen i lägenheterna och inte som nu enbart av tilluften. Dessa åtgärder kan vidtas separat och redovisas i ett separat investeringsalternativ.

4.2.3 Steg 2a. Systemval för uppvärmning av lägenheter

För återvinning av värme ur frånluft kan inte direkt värmeväxling luft-luft tillämpas på grund av platsbrist. Däremot kan kyl- och värmebatterier placeras i luftströmmarna. Med en värmepump kan emellertid betydligt större värmemängder återvinnas. Det valda systemet framgår av flödesschemat i Figur 4.3. För att den överförda effekten och minska elförbrukningen vid värmepumpens kompressor underkyls värmemediet vid en speciell passage genom värmebatteriet. Det befintliga uppvärmningssystemet skall inte förändras. Det system som beskrivits ovan kan endast utföras tillsammans med åtgärder enligt Steg 2b.

4.2.4 Steg 2b. Systemval för uppvärmning av kontor och garage

Direkt värmeväxling mellan till- och frånluft är inte möjlig eftersom kanalerna inte passerar i närheten av varandra. Det är naturligt att utnyttja värme-kylbatterierna för freon som redan är placerade i luftkanalerna. För att kunna förånga i det gamla kondensorbatteriet måste systemets reciever flyttas till kompressorernas sug sida. Då kan förångningen äga rum under själv cirkulation. Värmeöverföringen blir effektivare eftersom ingen överhettning behöver ske. På motsvarande sätt måste det gamla förångarbatteriet modifieras för att kondensering skall kunna ske tillfredsställande.

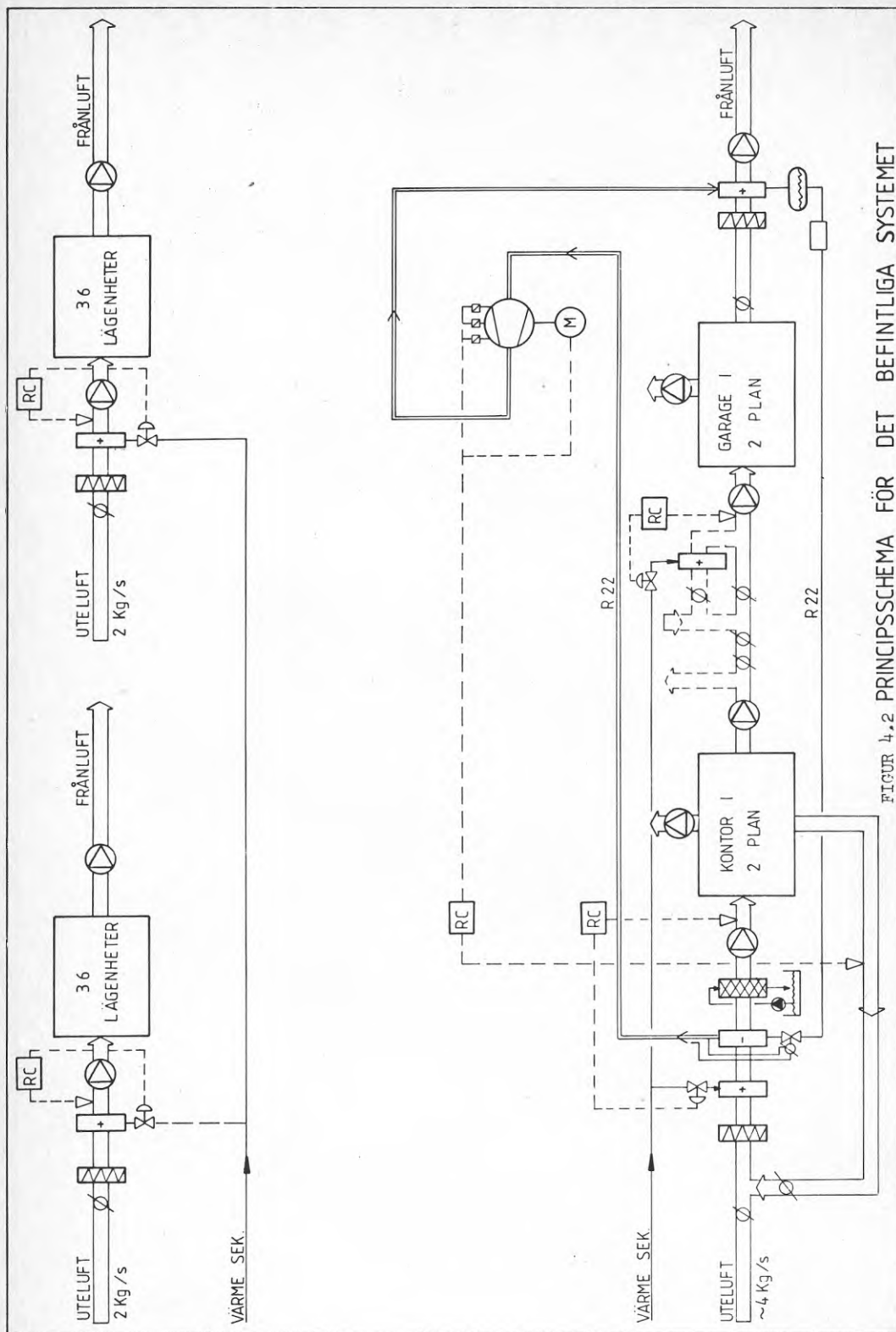
För att såväl värmning som kylning och avfrostning skall kunna ske placeras en fyrvägsventil mellan kompressorn och värmeytorna. Systemets flödesschema visas i figur 4.3. För att kompressorernas kapacitet skall överensstämma med värme och kondenseringsbehov är det nödvändigt att både lägenheternas återvinningssystem, se Steg 2a, och systemet för kontor och garage kopplas ihop såsom visas i figur 4.3. I annat fall uppstår de driftproblem som kylmaskinen har i det nuvarande systemet.

Lägenheterna kan då också tillföras värme och kyla med hjälp av kompressorn. Kompressorernas värmeproduktion skall styras av behovet i lägenheterna. Kompressorernas produktion av kyla skall styras av kontorens behov. Det befintliga värmesystemet skall inte förändras. Systemet som beskrivs i Steg 2 måste utföras samtidigt och först sedan åtgärderna enligt Steg 1 vidtagits.

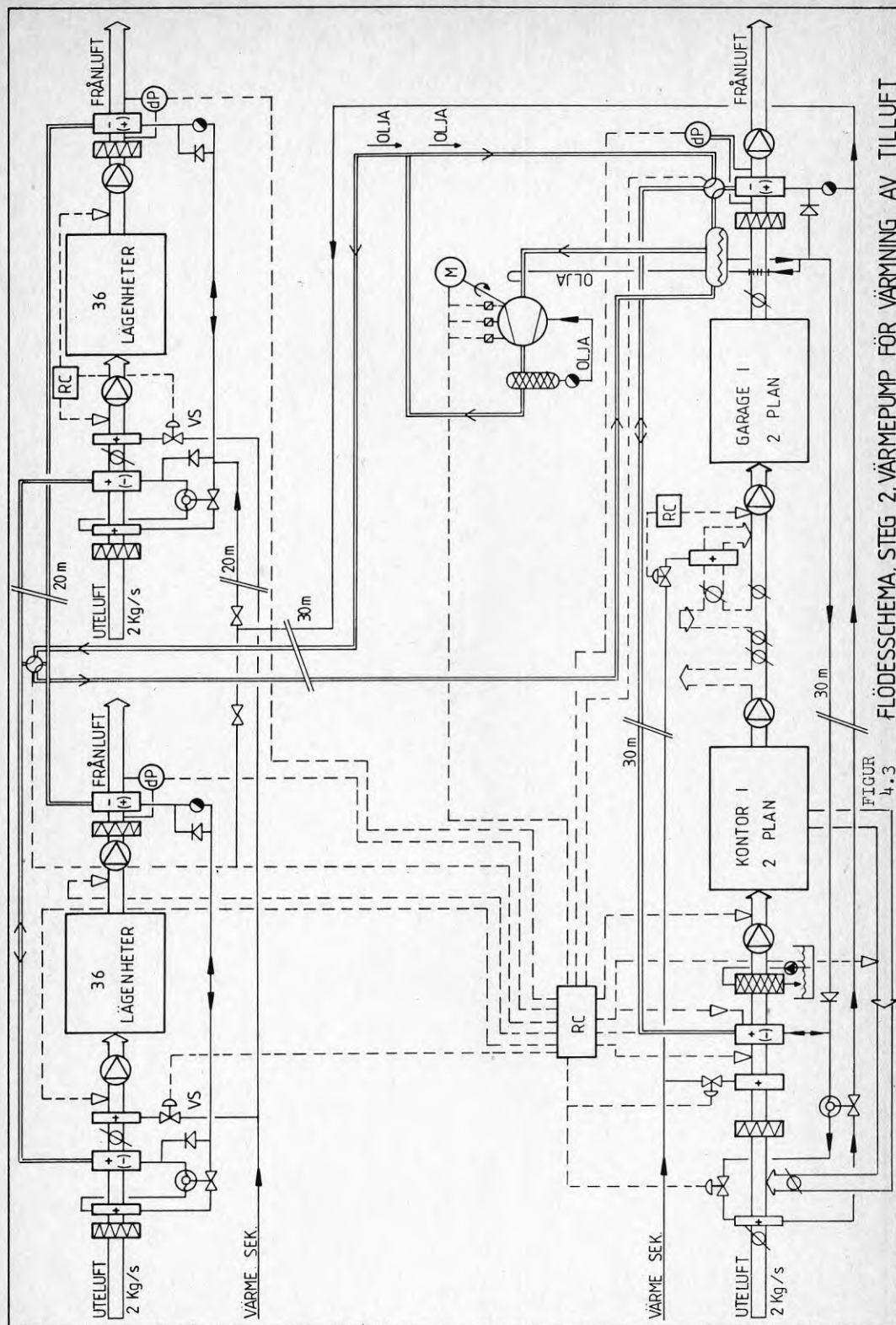
4.2.5 Steg 3. Systemval för värmning av tappvarmvatten

Av den energi som tillförts värmepumpens kompressor kan ca 80% tas ut vid en temperatur som överstiger värmemediets kondenserings-temperatur. Detta utnyttjas för förvärmning av varmvattenmagasinet. Under ca 4000 timmar per år blir varmvattenförrådet varmt till ca 40°C på detta sätt. Se flödesschema i figur 4.4. Resterande värme tillförs genom att en ventil efter vattenvärmar-
en ökar värmemediets tryck så att kondenserings-temperaturen blir ca 55°C. När en ca tredjedel av magasinet är fyllt med vatten av 50°C återgår kompressorn till det arbetstryck som bestäms av värmebatterierna i luftkanalerna. Vid de låga förångningstemperaturer som uppstår vid låga utomhustemperaturer måste denna funktion förreglas för att kompressorn inte skall skadas av för hög arbetstemperatur.

Det varma vattnet i magasinet pumpas vid tappvarmvattenbehov genom en plattvärmväxlare där stadsvatten värms till en temperatur av 45-47°C. Genom denna koppling blir magasinbehållaren trycklös. Detta är fördelaktigt eftersom man önskar ett stort magasin. För att undvika intransport kan tanken svetsas ihop av plana plåtar på platsen. Alternativt kan en plastbehållare väljas för att eliminera korrosion.



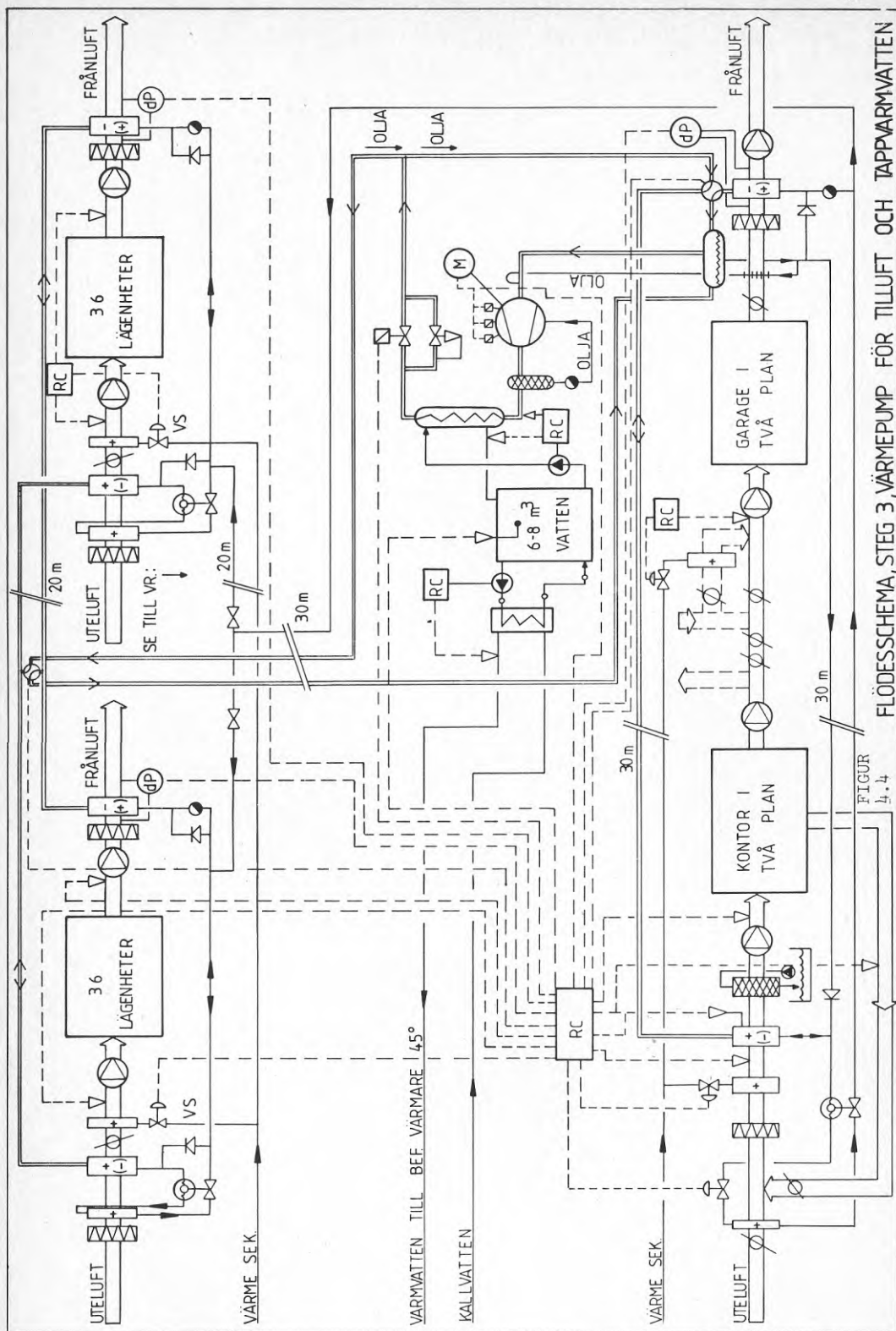
FIGUR 4.2 PRINCIPSCHEMA FÖR DET BEFINTLIGA SYSTEMET



FIGUR

4.3

FLÖDESSKEMA, STEG 2, VÄRMEPUMP FÖR VÄRMNING AV TILLUFT



FLÖDESSCHEMA, STEG 3, VÄRMEPUMP FÖR TILLUFT OCH TAPPVÄRMVATTEN

FIGUR 4.4

4.3 Projekt nummer 781494-1

L-O Grundeborn, Teknisk Utveckling HB

Den metod som analyseras i utredningen avses att användas på ett befintligt punkthus med centralt frånluftsaggregat på taket.

I korthet beskrivs utförandet enligt följande:

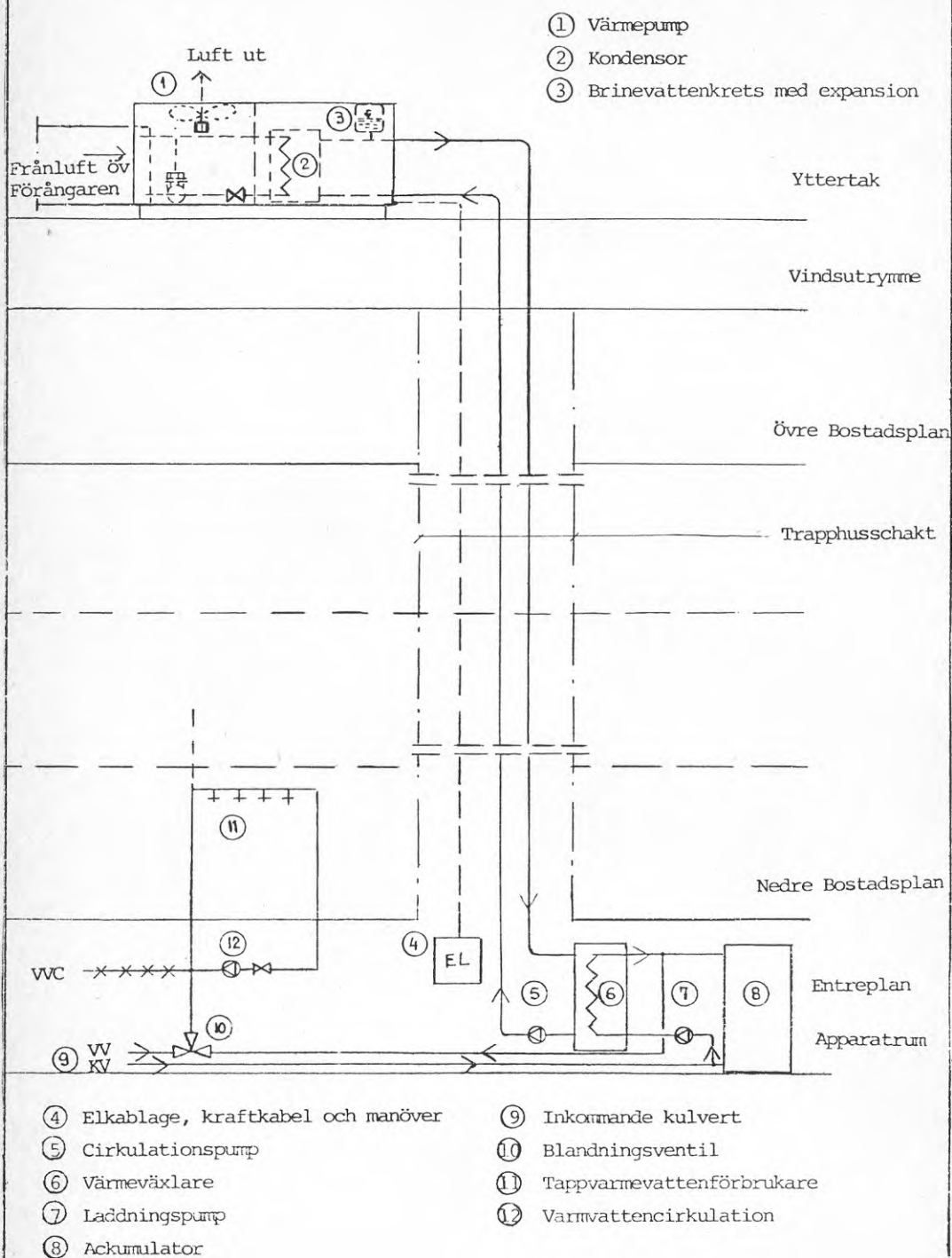
Ett enhetsaggregat som placeras på taket innehåller kompressor, förångarenhet, frånluftskanaler och en vattenkondensor med automatik. Expansionssystem, cirkulationspump och rör för värmebärarkretsen anordnas och drages i trapplöpets öppna schakt fram till utrymme vid inkommande kulvert. I detta utrymme placeras laddningspump, växlare värmebärare-tappvatten och sektionssbyggd emaljerad tappvarmvattentank för ackumulering och vidare distribution till hela huset. Dubbel växling planeras.

Resultatet av utredningen blir att en standardiserad ombyggnadsverksamhet ger återbetalning inom åtta år om kalkylräntan antages till 4% i fast penningvärde och energiprisökningen till 2%. Energifriset antages till 0.12 Kr/kWh.

Planerad provfastighet förvaltas av Göteborgs Stads Bostadsaktiebolag. Fastigheten har adress Vårvädersgatan 21, Södra Biskopsgården, Göteborg, kvartersbeteckning Isbildningen, Biskopsgården.

Specifikation

Antal lägenheter (5/vån)	38
Lägenhetsyta/våning (m^2)	240
Lägenhetsyta/lägenhet (m^2)	48
Lägenhetsyta totalt (m^2)	1824
Frånluft (m^3/h) uppmätt	7035
Frånluft ($m^3/h, m^2$ lägenhetsyta)	3,85
Elservice (A) abbonnerad/dimensionerad	50/63
Antaget varmvattenbehov (W/m^2)	8 (små lägenheter)
Antaget största dygnsbehov (kWh/dygn)	24
Uppställning ackumulatorer	bef mopedrum, entreplan
Uppställning värmepump	tak vid frånluftshuv
Akkumulator volym	2,4 m^3
Värmepump	LENNOX
Växlare, kondensor, ackumulator	Parca-Norrahammar



Figur 4.5

4.4 Projekt nummer 781495-6

Kryotherm AB

Försöksobjektet studerades med avseende på de praktiska möjligheterna till en god installation med sådant materiel som är standard hos olika underleverantörer. Även värmepumpen förutsattes vara i ett utförande som kunde betecknas som standard.

I rapporten redovisas systemlösning, energimässiga och ekonomiska konsekvenser för en eventuell installation i försöksobjektet.

Principen är att via en värmebärare som värms i ett flänsbatteri i frånluften överföra värme till den i källaren placerade värmepumpen. Denna höjer värmen till en högre temperaturnivå. Via ett sekundärt värmeväxlersystem överförs därefter värmen till tappvarmvattenkretsen.

Hyresfastighet Källbogatan 8 i Piteå.

Trevånings hyreshus med totalt 30 lägenheter, fördelade på 4 trapphus, A, B, C och D. A, B och C har tillsammans 18 lägenheter vilkas frånluftkanaler är anslutna till gemensamt frånluftssystem. Det här uppmätta frånluftflödet var, vid -20°C utetemperatur, $2400 \text{ m}^3/\text{h}$ eller $0,67 \text{ m}^3/\text{s}$. Luftens temperatur var vid tillfället 22°C .

Huset saknar vindsvåning. Samlingslådan för frånluften är placerad omedelbart under yttertaket och frånluftfläkten till hälften i en takhuv utanför taket.

Den sammanlagda bostadsytan är 1917 m^2 .

Tillförlitliga uppgifter om hyreshusets årsförbrukning av olja saknas, beroende på dels en nyligen genomförd övergång till eo1 och dels att ett kontor på 713 m^2 i en grannfastighet är ansluten till samma värmesystem.

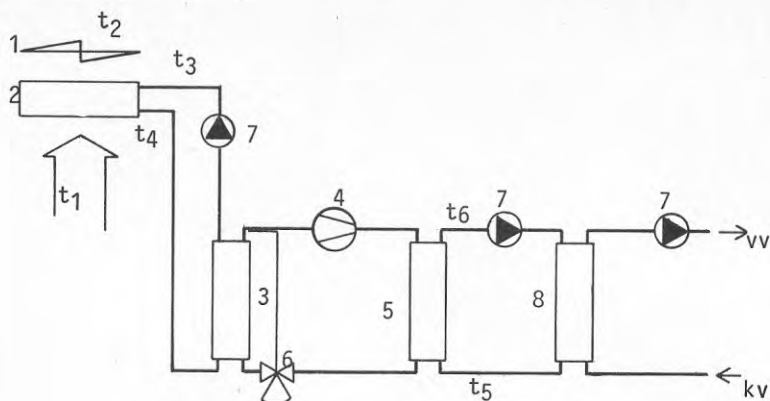
Den uppvärmda totala golvytan är 2630 m^2 ($1917 + 713 \text{ m}^2$). Totalförbrukningen av olja under det senaste året var 80 m^3 . Hur stor del av denna som hyreshusets varmvattenförbrukning står för är vanskligt att bedöma, men 17-18% är den siffra som fastighetsförvaltaren uppskattar.

$9850 \text{ kWh}/\text{m}^3$ eo1 och årsverkningsgraden 65% ger energiförbrukningen för hyreshusets varmvatten: $0,18 \cdot 0,65 \cdot 9850 \cdot 80 = 92\,196$, d v s ca $90\,000 \text{ kWh}/\text{år}$.

Systembeskrivning:

I ett flänsselement placerat omedelbart före frånluftfläkten i ventilationssystemet för lägenheterna växlas värmeenergi från frånluften till en värmebärare. Den vunna värmeenergin transporteras med värmebäraren via en rörledning till värmepumpen i pannrummet. I värmepumpens kondensor överförs värmeenergin vid en högre temperaturnivå till tappvarmvattenkretsen via ett värmebärarmedium i en värmeväxlarkrets. Extra tankar för ackumulering av varmvatten installeras för att utjämna variationer i tappvarmvattenförbrukningen och för att uppnå lägre drifttider hos värmepumpen och därmed utnyttja den bättre.

Principskiss



1. Frånluftfläkt
2. Flänsbatteri
3. Vätskeförångare
4. Kompressor

5. Vätskekondensor
6. Expansionsventil
7. Cirkulationspump
8. Värmeväxlare

Temperaturer: $t_1 = 22^\circ\text{C}$

$t_3 = 5^\circ\text{C}$

t_5 varierar

$t_2 = 9^\circ\text{C}$

$t_4 = 10^\circ\text{C}$

t_6 max 53°C

Med frånluftflödet $0,67 \text{ m}^3/\text{s}$ och temperatursänkningen 13°C blir teoretiskt tillgänglig värmeeffekt ca $10,5 \text{ kW}$.

Värmepumpen:

Kompressor: Bitzer BHS 750 (semihermetisk)

Kondenseringstemperatur: 55°C

Förångningstemperatur: -1°C

Köldmedium: R12

Kyleeffekt: 10 kW

Kompressoreffekt: $4,5 \text{ kW}$

Kondensoreffekt: $14,5 \text{ kW}$

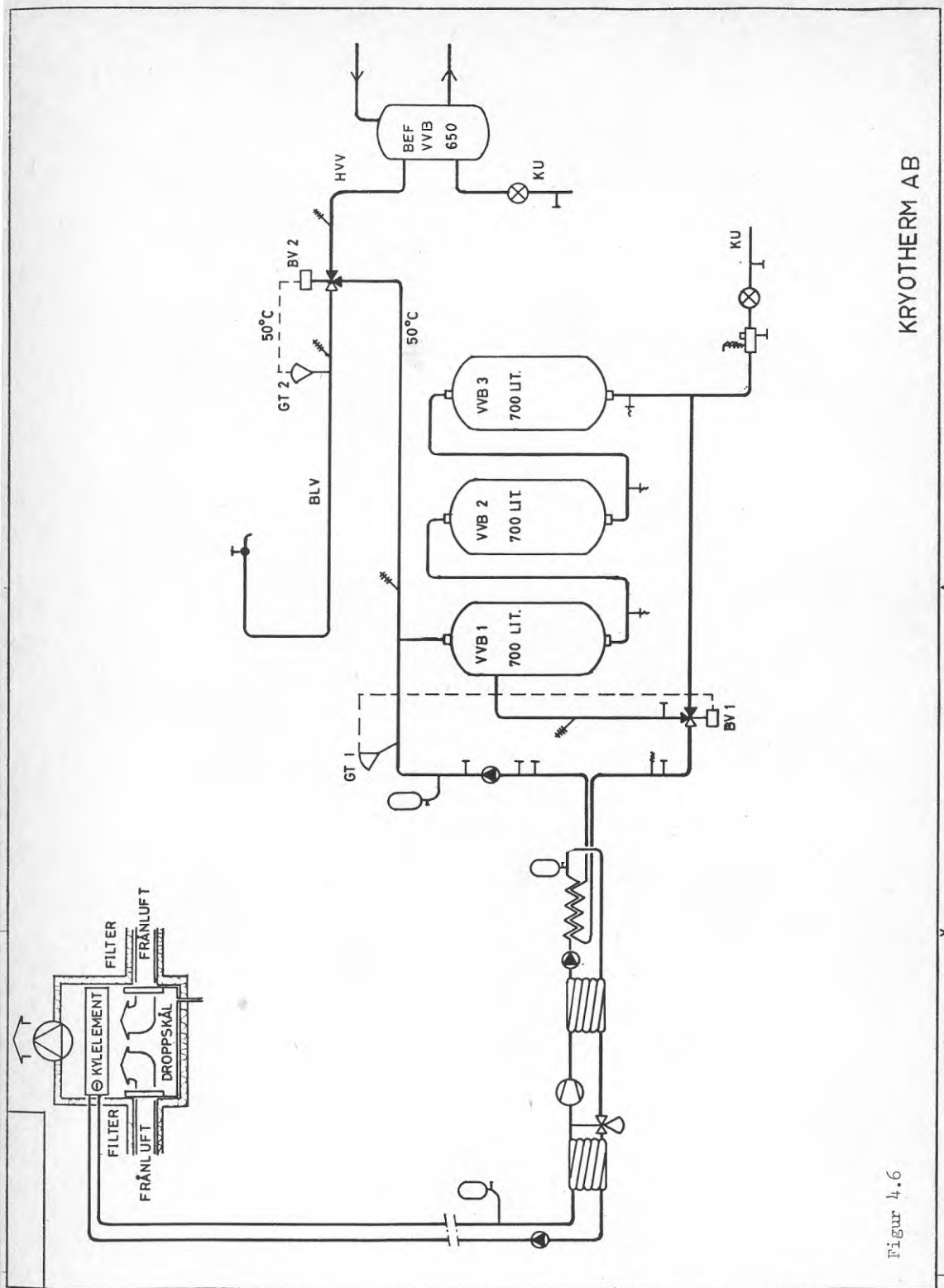
Värmefaktor vid dessa förhållanden och utan hänsyn till effekt för cirkulationspumpar och kraftigare fläkt: 3,2

Av principskemat, figur 4.6, framgår värmepump och vätskekretsar.

Varmvattenkretsen:

GT 2 konstanthåller via blandningsventilen BV 2 önskad vattentemperatur. I normalfallet avtappas vatten endast från värmepumpsidan. Vid störttappning öppnar BV 2 för hetvatten från den gamla beredare vilken håller vattentemperaturen ca 80°C . GT 1 konstanthåller via blandningsventilen BV 1 vattentemperaturen i den övre delen av beredaren VVB 1 vid önskad nivå. Vid temperaturer under den där BV 1 öppnar för vatten från VVB 3 cirkulerar vatten i en mindre krets. Från värmepumpens värmeväxlare via cirkulations-

pump genom övre delen av VVB 1 och BV 1 tillbaka till värmepumpen. När vattentemperaturen vid GT 1 tenderar att stiga över inställt värde, öppnar BV 1 så att vatten även cirkulerar i en större krets, genom hela VVB 1, VVB 2 och VVB 3. Härigenom värms även vattnet i dessa. Vid en viss uppnådd temperatur i VVB 3:s nedre del stoppas värmepumpdriften. När tappningen sker och temperaturen vid denna termostad underskrider inställt värde återstartas värmepumpen.



Figur 4.6

KRYOTHERM AB

4.5 Projekt nummer 781496-2

AB KyloVent

Syftet med projektpaketets Steg 1 var att

- a. undersöka möjligheterna att i flerfamiljshus med frånluften som värmekälla och med hjälp av värmepump producera tappvarmvatten.
- b. intressera någon fastighetsägare för projektet och göra denna intresserad och motiverad för en experimentanläggning i sitt hus inom ramen för steg 2.

I rapporten beskrives hur resultatet av dessa båda punkter blivit och vilka slutsatser man härav kan dra. I korthet innebär detta att med kända metoder och med i marknaden förekommande standardprodukter finns alla möjligheter att åstadkomma det önskade.

Försöksobjekt:

Tomt nr 1, Kv Södermanland, Malmö

Malmö Kommunala Bostads AB

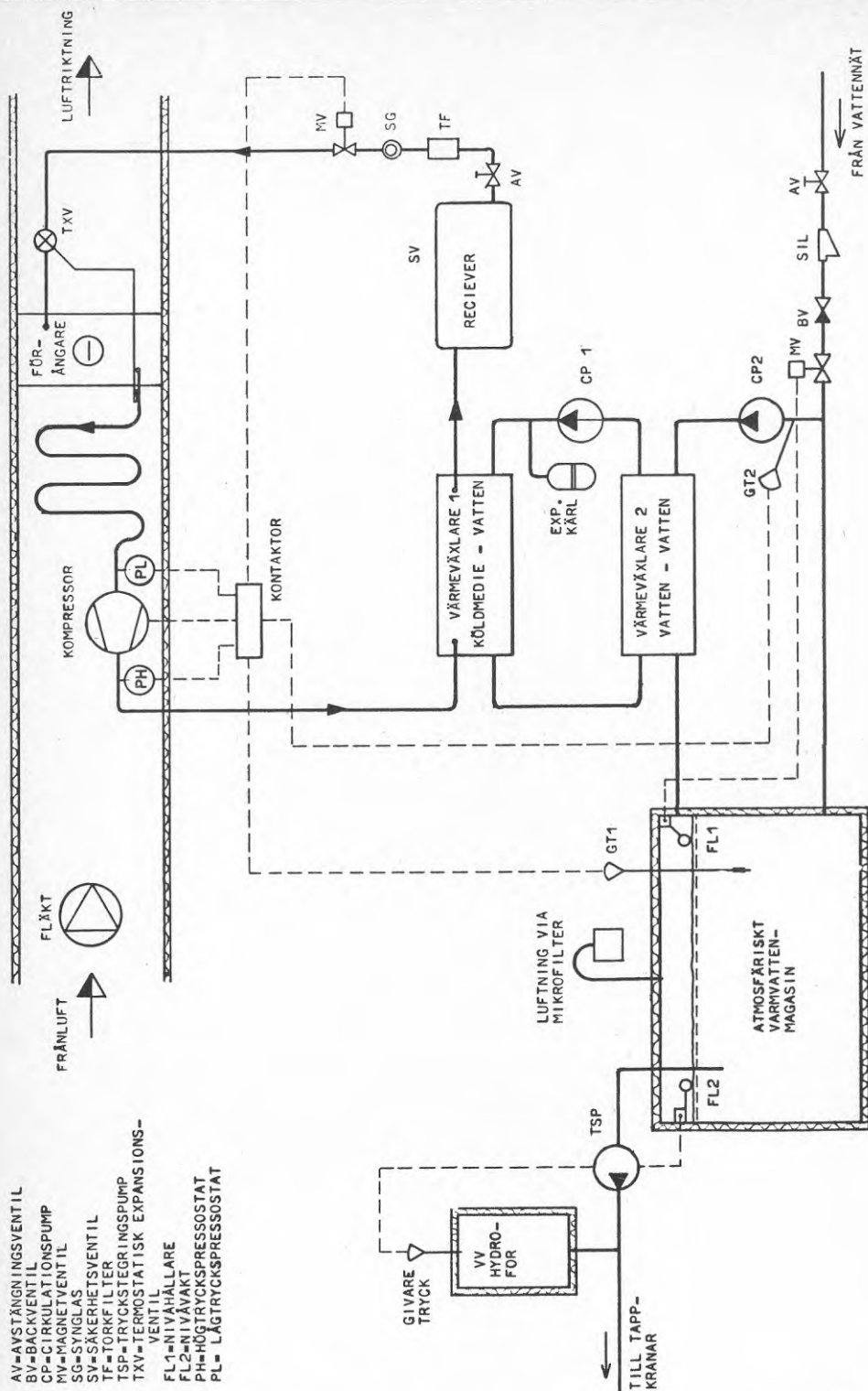
40 lägenheter (1441 m²)

Läkarmottagning på nedre botten (296 m²)

Radiatorer i badrum, som värms med tappvarmvatten

Systembeskrivning:

Värmeenergi överförs från en förångare placerad i frånluftkanalen, via en värmväxlare, VVX1, till en cirkulerande köldmedievattenkrets. I ytterligare en värmväxlare, VVX2, överförs värmeenergi till tappvarmvattnet. Man har här valt att ackumulera varmvattnet i ett varmvattenmagasin med atmosfäriskt tryck. Tillförseln av vatten till tappvarmvattensystemet sker via en tryckstegringspump och en varmvattenhydrofor. Se Figur 4.7.



Figur 4.7

AB KyloVent

4.6 Projekt nummer 781498-3
AB Svenska Fläktfabriken

Forskningsprojektet omfattar en förprojektering av en installation i ett F-ventilerat hus i Nynäshamn och dessutom en redovisning av de ställningstaganden och teoretiska beräkningar som erfordras för dimensionering.

Som köldmedium har valts R12, trots att värmepumpen då blir ca 50% dyrare än om R22 används. Detta val har gjorts med hänsyn till önskemålet att panncentralen skall kunna stängas av utom uppvärmningssäsongen. Med R12 kan nämligen en tillräckligt hög temperatur på vattnet åstadkommas, utan tillskott av värme från panncentralen, så att komfortkravet på ca +43°C vid brukning inte underskrids. På grund av den högre temperaturen kan dessutom ackumulatortankens volym minskas betydligt jämfört med då R22 används. Detta senare faktum är inte minst viktigt ur installations-synpunkt. Med R12 belastas dessutom värmepumpen hårt, vilket bör medföra lägre underhållskostnader och högre värmefaktor.

Placeringen av värmepumpen bör, för större anläggningar normalt ske i anslutning till pannrum. Detta medför visserligen en sämre årsverkningsgrad, p g a den extra värmeväxlare med tillhörande glykolvattenkrets som då erfordras, men lägre installationskostnad, bättre tillgänglighet och mindre ljudproblem talar för denna placering.

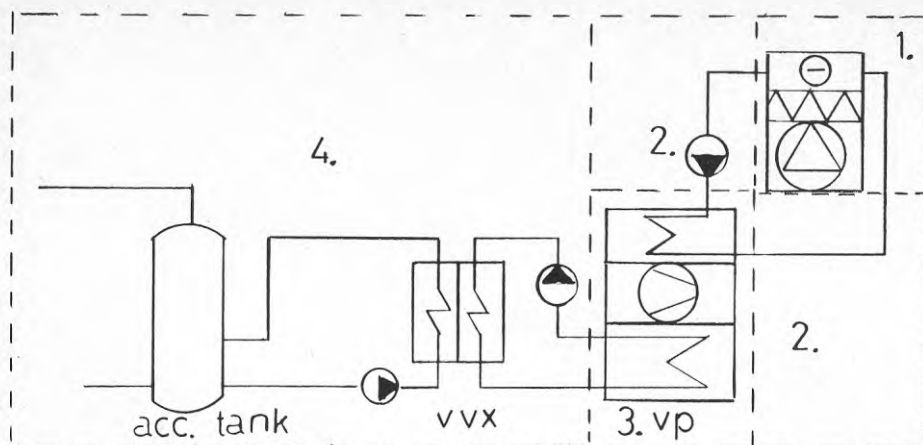
Ett generellt uttryck för sambandet mellan värmepumpens kondensor-effekt (P_{vp}) och ackumulatortankens volym (TV), uttryckt per lägenhet som skall betjänas, har tagits fram och lyder:

$P_{vp} = 0,64$	(kW/lgh)
$TV = 68$	(l/lgh)

Sambandet baseras på sannolikhetstänkande när det gäller efterfrågan och täckning av tappvarmvatten och motsvarar ca 85%-ig täckningsgrad av årsenergiebehovet till varmvattnet. Denna nivå är en avvägning av kraven på avstängning av panncentral, marginal-investeringens lönsamhet och kravet på en hög drifttid för värmepumpen.

Den byggnad som är aktuell för en provinstallation är belägen i Nynäshamn. Byggnaden, vilken är försedd med mekanisk frånluft-ventilation, omfattar en höghusdel (6 vån) om 67 lgh och en låghusdel (3 vån) om 45 lgh. Hög- och låghusdelen har gemensam central för tappvarmvattenberedning. Höghusdelens frånluft är fördelad på 2 fläktar om 6800 och 8900 m³ medan låghusdelen är försedd med 2 st mindre fläktar. Värmet hämtas endast från höghusdelens frånluft.

I en problemanalys har vi kommit fram till vissa rekommendationer och val när det gäller den slutliga systemlösningen. En principskiss med dessa som utgångspunkt kan se ut som figur 4.8 nedan.



Figur 4.8 Principalskiss

Vårt problem är att matcha ihop huvudkomponenter så att en god totalfunktion uppnås.

- Tittar vi först på pumpar, så är de placerade så att temperaturstegringen i dem skall komma systemet till godo, respektive att ge så liten störning som möjligt i ackumulatorn.
- Värmeväxlaren och kylbatteriet kan sägas vara serviceorgan och kan anpassas och dimensioneras i efterhand, så att de stör så lite som möjligt. Ju större värmeväxlarytor desto mindre temperaturfall, desto bättre värmefaktor och dyrare komponenter.
- Kvarstår värmepumpkapacitet och ackumulatortankvolym. På grund av de symmetrier som varmvattenförbrukningens frekvensanalys uppvisar, blir det naturligt att låta värmepumpen tugga och gå under så stor del av dygnet som möjligt och låta ackumulatorn vara den extra buffert som tar hand om topparna i dygnsförbrukningen.

4.7 Projekt nummer 781499-8
Termofrost Energi Teknik AB

En värmepumpkoppling med återvinning av frånluftsvärme som via ett skruvkompressoraggregat värmer tappvarmvatten föreslås. I den föreslagna kopplingen kan värme nyttiggöras vid flera olika temperaturnivåer. För att enkelt och överskådligt finna den optimala kopplingen och effektfördelningen mellan de olika värmeväxlarna har Termofrost Energi Teknik AB utvecklat ett datorprogram för termodynamisk beräkning av ett sådant system. En analys av genomförda beräkningar visar att det är möjligt att i jämförelse med konventionell värmekoppling öka värmefaktorn med ca 45% samtidigt som kompressorstorleken minskar med ca 25%. Kostnaden för ökad värmeväxlarkapacitet är inte samma storleksordning som den potentiella vinst som med den föreslagna kopplingen kan påräknas på driftkostnadssidan. Kopplingen ökar väsentligt värmepumpens ekonomiska konkurrenskraft mot övriga uppvärmningsalternativ.

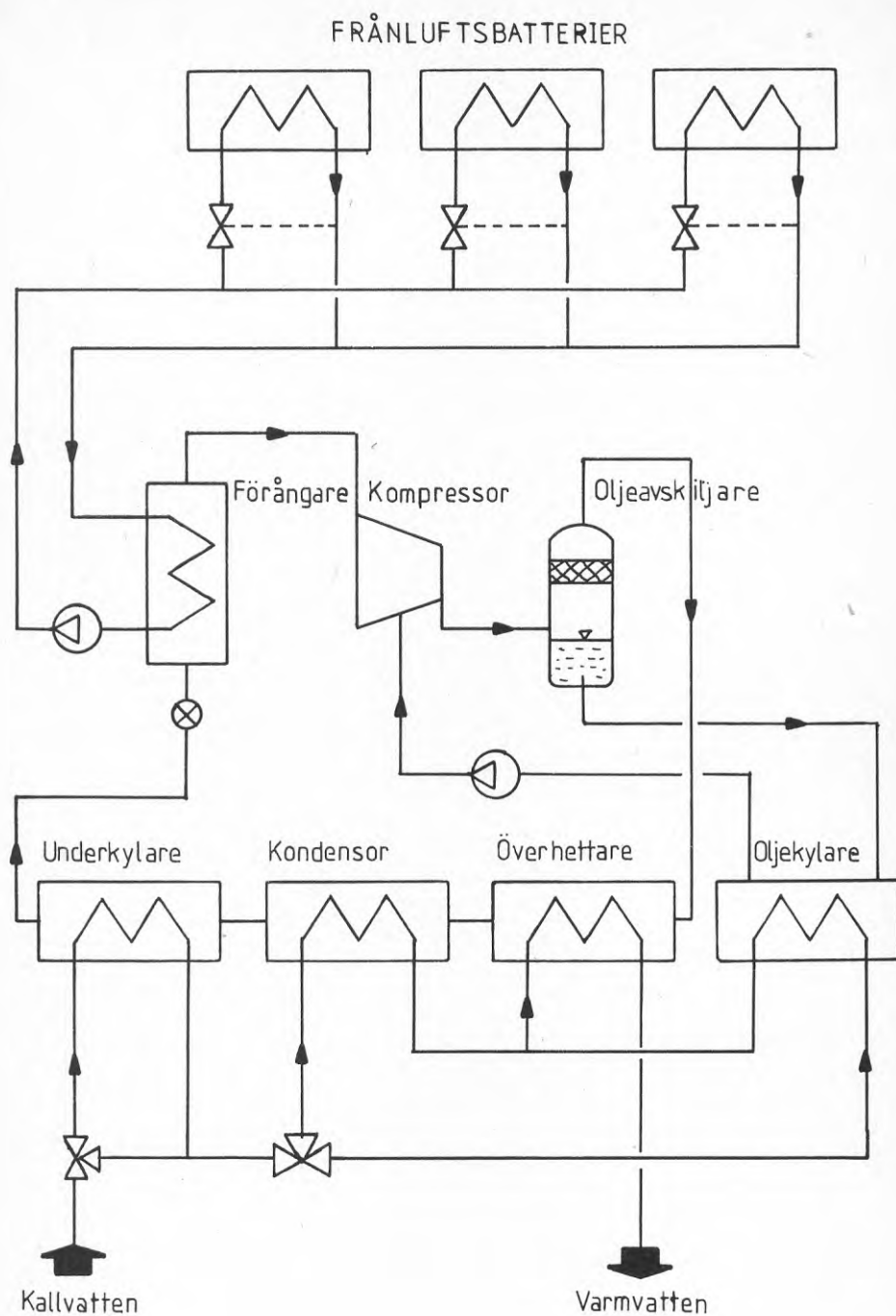
För att i en värmepump producera tappvarmvatten med högsta möjliga värmefaktor och därmed lägsta drift- och investeringskostnader krävs att uppvärmningsförloppet optimeras. I en skruvkompressorvärmepump finns värme tillgängligt vid fyra olika temperaturnivåer

- underkylningsvärme
- kondensationsvärme
- överhettningvärme
- oljekylningsvärme.

Genom att på ett exergetiskt riktigt sätt utnyttja dessa värmekällor för värmning av tappvarmvattnet kan väsentligt högre värmefaktor uppnås jämfört med en konventionell värmepumpkoppling. Ett förslag på hur ett sådant värmepumpsystem skall kopplas framgår av figur 4.9. Effekt- och temperaturfördelning i de olika värmeväxlarna och därmed erforderliga värmeväxlarytor är beroende av drifttemperaturer, kompressorverkningsgrader och värmeväxlarens temperaturverkningsgrader. Figur 4.10 visar uppvärmningsförloppet dels med konventionell värmepumpkoppling dels med den enligt Figur 4.9 föreslagna kopplingen.

Efter kompressionen föreligger oftast arbetsmediet i överhettat tillstånd. Innan arbetsmediet når kondensorn är det därför lämpligt att med överhettningvärmet slutvärma uppvärmningssystemets vatten till erforderlig framledningstemperatur. På så sätt kan kondenserings Temperaturen sänkas varvid lägre tryckförhållande och ökad värmefaktor uppnås.

En sällan uppmärksammas resurs är låg temperatur på distributionssystemets returvatten. Detta ger möjlighet att värma vattnet i två eller flera steg vilket kan åstadkommas med seriekopplade värmepumpar. En annan möjlighet är emellertid att låta det relativt kalla returvattnet underkyla kondensatet från värmepumpens kondensor. På detta sätt kan en väsentlig förbättring av värmefaktorn uppnås med en ringa kapitalinsats.



Figur 4.9

4.8 Projekt nummer 781500-3
Thorvent Värmeindustri AB

4.8.1 Allmänt

Den för projektet utvalda fastigheten är belägen i samhället Ramvik ca 2 mil norr om Härnösand. Fastigheten har 23 lägenheter fördelade på 11 ettor, 6 tvåor och 6 treor. 1674 m² är lägenhetsyta, 360 m² är biutrymmen och 150 m² är kommunikationsyta.

Med utgångspunkt från framräknade data kan konstateras att just denna fastighet är mycket lämplig för tappvattenproduktion med värmepump. Det är i första hand de befintliga installationerna som gör att kapitalkostnaden kan hållas nere. Vidare torde det ur värmeteknisk synpunkt inte vara några problem att uppnå det energibehov som behövs för att klara hela årsvärmebehovet för tappvarmvatten till fastigheten.

Anläggningen har mekaniskt frånluftssystem. En gemensam frånluft-fläkt betjänar samtliga utrymmen i fastigheten. Fläkten är av radialtyp och placerad på vindbjälklaget. Utförda luftmängdsmätningar visar att frånluftflödet under de 12 år som anläggningen varit i drift minskat från 5000 m³/h till ca 4050 m³/h. Orsaken till detta torde i första hand bero på föroreningarna på kanalväggarna. Fastighetens utformning gör att några problem inte finns att tekniskt klara anslutning av förångarbatteri till frånluftssystemet samt att klara framdragning av kylmedia- och dräneringsledningar.

Fastighetens befintliga tappvarmvattensystem består av en värmeväxlare ansluten till värmepumparnas hetvattenkrets. Varmvattensystemet har varmvattencirkulation och termostattyrd blandningsventil.

Årsvärmeinnehållet i frånluften vid 10°C temperatursänkning är beräknad till 107 000 kWh vid 4000 m³/h och vid 10°C temperatursänkning på frånluften. Vilket motsvarar ca 65 kWh/m² ly, år. Årsvärmebehovet för tappvarmvatten är beräknat till 100 000 kWh eller 60 kWh/m² ly, år. Värdet torde vara i överkant men visar ändå att värmeinnehållet i frånluften teoretiskt räcker för att täcka behovet. Dygnsbehovet per lägenhet är satt till 127 l/lägenhet.

Med utgångspunkt från den befintliga fastighetens installationer har följande tekniska lösning valts:

- A. På taket placeras en värmepumpenhet med förångardelen ansluten till fastighetens frånluftssystem.
- B. Ackumulatorn placeras i källarplanet och anslutes till fastighetens nuvarande tappvattensystem.
- C. Cirkulationsledningar mellan värmepumpenhetens kondensor och varmvattenackumulatorn drages.

4.8.2 Värmepumpenhet

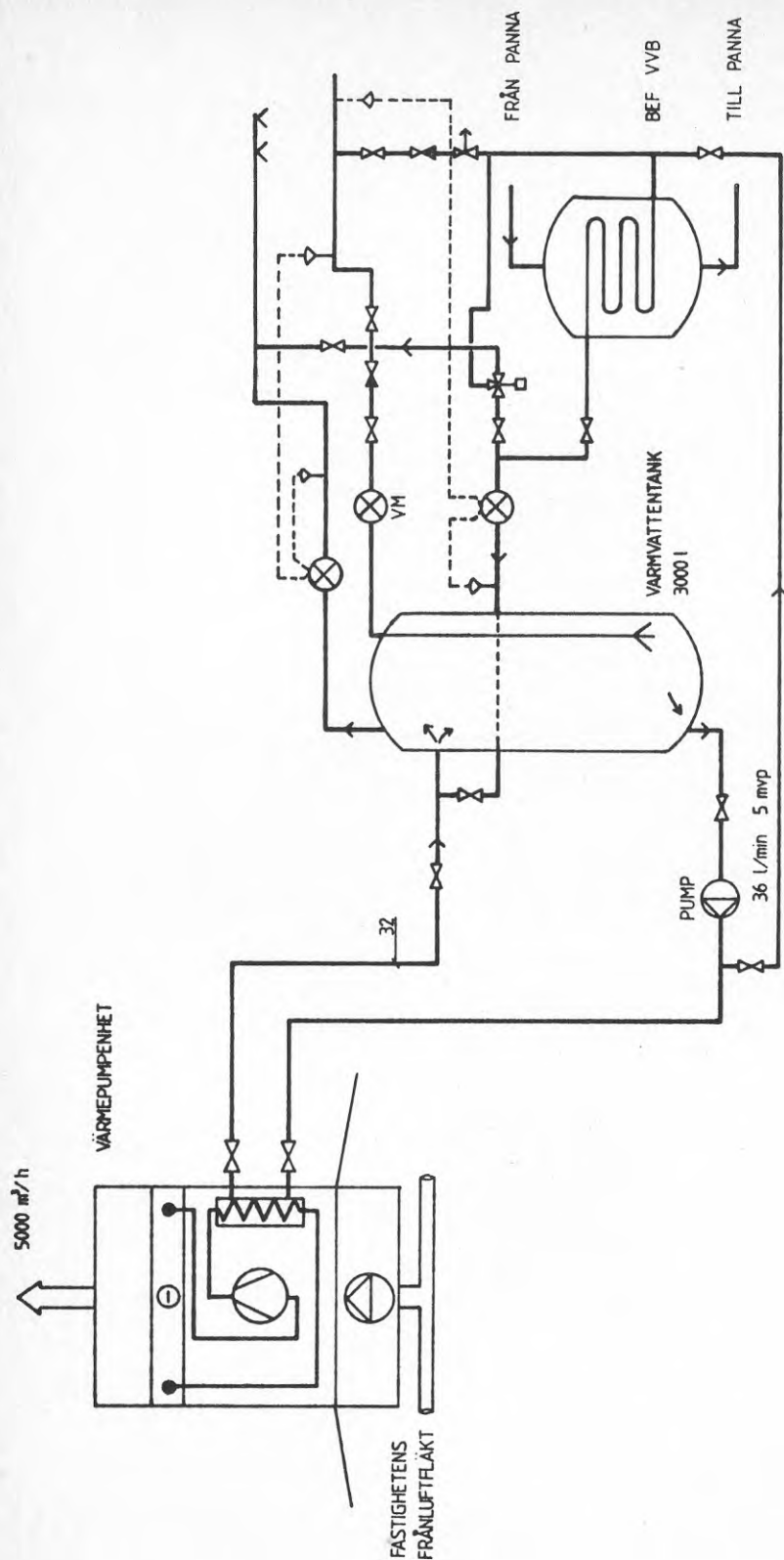
Värmepumpen kommer att byggas ihop som en färdig enhet typ takaggregat. Rent tekniskt består enheten av fläktar, förångare, kondensor och kompressor placerad i ett gemensamt skal. Värmepumpen är en modifierad typ som användes för värmeåtervinning i djurstallar typ 788-5.

Beträffande värmeväxlaren mellan kondensorn och ackumulatorn har författarna inte sett någon anledning till dubbelväxling. Det finns i dag inget som tyder på att freongas vid eventuell läcka skulle medföra personfara. Det har konstaterats att de dricks-vattenkylare som förekommer i marknaden har inte dubbelväxling. Kondensorn kommer dock att vara av en typ som är anpassad för aggressivt vatten. Detta för att minska läckagerisken till ett minimum. En eventuell kondensorläcka kommer också att betyda att kompressorn stoppar och att risken för överföring av freon till vattensidan är praktiskt taget obefintlig.

4.8.3 Ackumulator

Med hänsyn till den lägre varmvattentemperaturen som värmepumpen av driftekonomiska skäl ger måste en varmvattenackumulator installeras. Ackumulatorns volym har valts till $3,2 \text{ m}^3$. Den befintliga varmvattenväxlaren är parallellkopplad med ackumulatorn.

Figur 4.11 Flödesschema för värmepumpinstallation för tappvarmvattensystem.



4.9 Projekt nummer 781501-8
Totalinstallation i Göteborg AB

4.9.1 Allmänt

I projektet har eftersträfvats att erhålla en hög total värmefaktor och därför uppdelat anläggningen i 3 steg bestående av ett förvärmningsbatteri och två värmepumpenheter.

Vid projektering av anläggningen har stor vikt lagts vid att utforma anläggningen så att så lite ingrepp som möjligt skall behöva göras i fastigheten. Den befintliga utrustningen för uppvärmning av tappvarmvatten utnyttjas som reserv och för eventuella toppbelastningar. Uppstår exempelvis ett driftsavbrott på värmepumpanläggningen så träder automatiskt den befintliga utrustningen i drift.

Beräkningarna för projektet "Värmepump för tappvarmvatten" har baserats på ett s k punkthus, ett 6-våningshus med en trappuppgång, innehållande 30 lägenheter med en total bostadsyta på ca 1600 m². Huset är beläget vid Ärlingsgatan 4 i 93 Kv Vaxluset, Kyrkbyn, Göteborg.

Huset uppfördes i början av 50-talet och är utrustat med mekanisk frånluftventilation. Frånluftsfläkten är placerad i en för huset gemensam sugkammare på vinden, till vilket ett flertal frånluftskanaler har anslutits. I källaren finns en plattvärmeväxlare för uppvärmning av tappvarmvatten. Värmeväxlaren tillförs hetvatten från en för området centralt belägen panncentral. Någon förrådsbehållare för tappvarmvatten finns ej i fastigheten.

För uppvärmning av tappvarmvatten har beräkningar baserats på en energimängd av 80 000 kWh/år, vilket motsvarar 50 kWh per m² lägenhetsyta och år i vårt objekt. Beräkningarna har visat att detta förslag till utformning av anläggningen för tappvarmvattenvärmning erfordrar en installerad värmeeffekt på 21 kW och en ackumuleringsvolym på ca 5 m³. Beräknad värmeeffekt motsvarar 0,7 kW/lägenhet.

4.9.2 Beskrivning över föreslagen teknik

I projektet för uppvärmning av tappvarmvatten med värmepump har eftersträfvats att erhålla en hög total värmefaktor och att installationen medför så lite ingrepp i den befintliga fastigheten som möjligt.

Inom fastigheten finns en frånluftsfläkt, placerad i en sugkammare på vinden, till vilken ett flertal frånluftskanaler är anslutna. I källaren finns en värmeundercentral med en plattvärmeväxlare, som förser fastigheten med tappvarmvatten.

För att erhålla en hög värmefaktor vid uppvärmning av tappvarmvatten har anläggningen uppdelats i steg enligt följande:

Steg 1 - ett batteri placerat först i frånluftkanalen för förvärmning av tappvarmvatten

Steg 2 - värmepump 1 med sitt kylbatteri placerat sist i luftströmmen

Steg 3 - värmepump 2 med sitt kylbatteri placerat mellan batterierna i steg 1 och 2.

Kylanläggningarna (värmepump 1 och 2) har utformats på detta sätt för att erhålla en så låg tryckdifferens som möjligt mellan förångning och kondensering.

Värmeväxling mellan köldmedium och tappvarmvatten sker i två kondensorer, som utformats på sådant sätt att de uppfyller ställda krav i VA-byggnorm.

Värmepumpaggregaten är anslutna till toppen på stamledningar för kall- och varmvatten. Detta innebär att någon rördragning ej erfordras mellan undercentralen i källaren och värmepumpanläggningen på vinden.

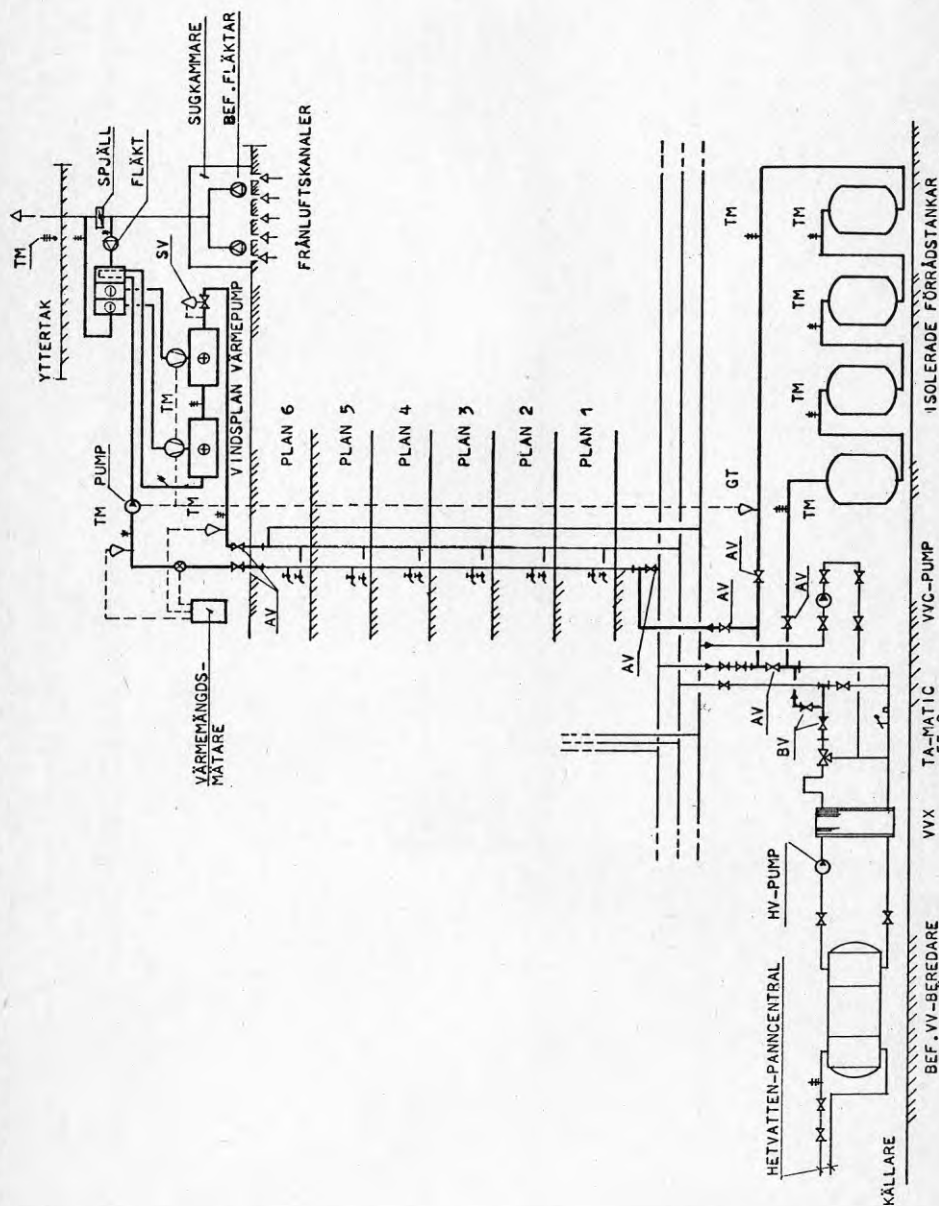
I källaren uppställs förrådstankar för ackumulering av tappvarmvatten. Förrådstankarna är anslutna till vattennätet.

4.9.3 Funktion

Via en pump i kallvattenledningen tillförs det kalla vattnet först ett förvärmningsbatteri i frånluftskanalen och därefter till värmepumparnas kondensorenheter. Temperaturen på utgående tappvarmvatten efter kondensorererna styrs av en styrventil. Det uppvärmda vattnet, +50°C, tillförs toppen på stamledningen för varmvatten.

Om ingen förbrukning av varmvatten föreligger kommer pumpen att cirkulera vattnet genom förrådstankarna och värmepumpanläggningen. På detta sätt kommer förrådstankarna att laddas upp med varmt vatten. För att varmvatten ej skall komma ut i kallvattennätet finns en temperaturgivare som stoppar pumpen och värmepumpaggregaten när förrådstankarna är fyllda med varmt vatten. Pump och aggregat startar åter efter en viss inställd tid. När förbrukning av varmvatten åter sker i fastigheten utnyttjas det ackumulerade varmvattnet.

Den befintliga utrustningen i fastigheten för tappvarmvattenvärmning utnyttjas som reserv och för eventuella toppbelastningar. Inträffar exempelvis ett driftsavbrott på värmepumpanläggningen träder automatiskt den befintliga utrustningen i drift.



TOTALINSTALLATION AB

PRINCIPSCHEMA

Figur 4.12

4.10 Projekt nummer 781504-5
Blackstone Sweden AB

4.10.1 Allmänt

Värmepumpens stora belastningsvariationer begränsas genom viss värmeackumulering och kvarstående variationer fördelas på ett aggregat för lägre belastningar och ett aggregat, som går in vid hög belastning. Värmepumparnas kondensat- och överhettningssvärme utnyttjas rationellt genom separata värmeväxlingar. Värmepumparna med förångare och kondensorer placeras med anslutning till frånluftfläkten och varmvattenberedare-ackumulatorer med anslutning till oljepannan. Värmet transporteras från värmepumparnas kondensorer till beredarna med sanitärt erforderligt mellanmedium. Energibesparingen, som blir ca 50%, täcker först vid ca 70% högre oljepris värmepumpningens driftskostnader.

Tappvarmvattnets stora värmebehovsvariationer och sanitära krav medför stor investeringskostnad och dess värmebehov utnyttjar endast en mindre del av frånluftens tillgängliga värmekapacitet. Frånluftsvärmet borde kunna utnyttjas med större lönsamhet vid förvärmning av radiatorvatten.

Den som projektobjekt valda fastigheten ligger vid Hanöbuktens kust och är en trevåningsbyggnad inrymmande 30 lägenheter med yta 2040 m². 2 frånluftstammar med var sin fläkt placerade på vinden ventilerar volymen 6930 m³. I källaren finns en oljeeldad panna, som under 5 år dragit i genomsnitt 43,2 m³ olja för husets värmeförsörjning. Årsmedeltemperaturen på orten är för uteluft +7°C och för mark på 2 m djup +10°C.

4.10.2 Värmepump

Tappvarmvattenbehovets kraftiga variationer kan praktiskt och kostnadsmässigt ej helt elimineras med hjälp av en varmvatten-ackumulator, och förutsättningarna vid en kostnadsminimering av relation max effekt på värmepumpen och ackumuleringskapaciteten är diffusa. Som uppskattningsvis rimliga värden sättes max värmepumpkapacitet = 2 ggr årsmedeleffekten vid en ackumuleringsvolym av 4 m³. Ackumuleringsvolymen uppdelas på 2 ackumulatorer-varmvattenberedare.

Av driftsmässiga skäl uppdelas värmepumpsbelastningen på 2 aggregat, varav ett för lägre belastningar och ett som går in vid hög belastning. Värmepumparna utrustas för rationellt utnyttjande av sina kondensat- och ångöverhettningssvärmen. Mellanmediumet för värmes sällunda i en värmeväxlare genom nedkylning av kondensatet och slutvärmes i en separat värmeväxlare genom nedkylning till kondenserings temperatur av den överhettade ångan efter kompressorn.

Genom kondensatets nedkylning tages mer värme ur frånluften, och genom slutvärmingen av mellanmediet kan kondenserings temperaturen sänkas och belastningen på kondensorn minskas. Värmepumparnas kompressorer väljes i semihermetiskt utförande med tanke på verkningsgrad och livslängd.

4.10.3 Värmepumpanordningens inplacering i byggnaden

De två på vinden befintliga frånluftsfläktarna kompletteras med en fläkt, som trycker den samlade luftmängden genom förångarna. Oljepannan, som erfordras för radiatorvattenvärmningen, kopplas till varmvattenberedarna för att stå som reserv. Värmepumparna med förångare och kondensorer förlägges till vinden, varvid anslutningen till förångarna blir korta. Transporten av värmets från kondensorer till varmvattenberedarna i källaren ombesörjes av mellanmediumet.

5 EKONOMI

5.1 Inverkande faktorer

De faktorer som påverkar lönsamheten av installation av värmepump för tappvarmvatten är bl a följande:

- Projekteringskostnader
- Materialkostnader
- Arbetskostnader
- Fastighetens storlek
- Fastighetens isoleringsstandard
- Oljepris
- Fjärrvärmesaxor och fjärrvärmepris
- Möjligheter att få energisparbidrag och energisparlån
- Värmepumpens värmefaktor
- Drift- och underhållskostnader
- Anläggningens livslängd

5.2 Anläggningskostnader

Investeringskostnaderna räknat per lägenhet eller per m² bostadsyta varierar avsevärt mellan olika objekt. Detta kan bero på att de olika utredarna har använt olika principer vid sina bedömningar. Detta inverkar naturligtvis på resultatet. I tabell 5.1 visas beräknade investeringskostnader för några av objekten.

Försöksobjekt	Investeringskostnad	
	kr/lgh	kr/m ² bostadsyta
1. AB Thermia-Verken	4800 (14 lgh)	---
	3400 (35 lgh)	---
2. Allmänna Ingenjörbyrå	6800*	146
3. Teknisk Utveckling HB	4240	88
4. Kryotherm AB	3370	53
7. Thorvent Värmeindustri AB	5040	69
8. Totalinstallation i Göteborg AB	5800	109
9. Blackstone Sweden AB	6870	101

* Speciella förutsättningar gäller.

Investeringskostnaderna varierar sålunda mellan 3400 och 6900 kr/lgh eller mellan 53 och 146 kr/m². Orsakerna till dessa variationer kan vara följande:

- Olika fastigheter har olika lägenhetssammansättning
- De tekniska systemen är olika
- Varierande materialkvaliteter har förutsatts
- Olika hänsyn har tagits till arbetskostnader

Kostnaden för en marknadsmässig produkt, d v s om ett system kan serietillverkas, blir naturligtvis väsentligt lägre. En rimlig uppskattning är 50% av investeringskostnaden för experimentanläggningen. Den maximala ekonomiska livslängden för en anläggnings mekaniska del uppskattas till 10-15 år och för vvs-delen till ca 30 år.

5.3 Driftkostnader

Även driftkostnaderna räknat per lägenhet eller per m² bostadsyta varierar avsevärt. I tabell 5.2 visas beräknade driftkostnader för några av objekten.

Tabell 5.2 Driftkostnader för några av försöksobjekten

Försöksobjekt	Driftkostnad	
	kr/lgh x år	kr/m ² bostadsyta x år
4.	200	3,1
7.	292	4,0
8.	108	2,0
9.	200	2,9

Driftkostnaderna varierar mellan 108 och 292 kr/lgh x år eller 2,0 och 4,0 kr/m² bostadsyta, orsakerna till dessa variationer kan vara följande:

- Antaget elpris varierar mellan 15 och 18 öre/kWh
- Energibehovet varierar beroende på valt tekniskt system
- Olika uppskattningar av drifttid

5.4 Underhållskostnader

Underhållskostnaderna är vanskilga att uppskatta. Om vi antar att de är 2% av investeringskostnaderna så innebär detta mellan 68 och 138 kr/lgh x år. Det är rimligt att antaga att kostnader för service, reservdelar och förbrukningsmaterialet är 30-40% dyrare för en värmepumpanläggning än för en traditionell uppvärmningsanläggning.

5.5 Lönsamhetsbedömning

De i utredningarna redovisade lönsamhetsberäkningarna visar att det idag knappast lönar sig att installera värmepump för tappvarmvatten för enskilda fastighetsägare. Inom snar framtid kommer troligen situationen att bli helt annorlunda på grund av ökade oljepriser. Serieproduktionen av värmepumpanläggningar kan dessutom sänka de aktuella investeringskostnaderna högst väsentligt.

Installation av värmepump för tappvarmvatten medför en energibesparing på ca 2500 kWh/år. Om ovan nämnda installation kan göras i 400.000 lägenheter i vårt land så innebär detta en oljesparning på $2,5 \times 400.000 = 1$ TWh/år motsvarande ca 125.000 m³ olja per år om ca 0,3 TWh elenergi upptärs för drift av värmepannorna.

Installation i samtliga aktuella flerbostadshus d v s med de ovan nämnda 400.000 lägenheterna är givetvis inte tänkbar. Som riktvärde kan nämnas att oljeförbrukningen per år och 1000 normallägenheter kan minskas med 300 m³ som ersätts med ca 7 à 800 MWh/år elenergi.

6 MÄT- OCH UTVÄRDERINGSPROGRAM

6.1 Allmänt

Uppföljning och dokumentation av driftresultaten är givetvis av helt avgörande betydelse för denna typ av verksamhet. Mätningar kan ske i olika omfattning och mät- och utvärderingsarbetet kan därför få högst olika omfattning och kostnader.

Nedan finns redovisat en stomme till ett mätprogram, som har ansetts vara ett minimikrav. Målsättningen har varit att genom ett antal enkla mätningar med vanligt förekommande utrustning får en tillfredsställande bild av driftresultaten. Det har också ansetts lämpligt att presentera mät- och utvärderingsprogrammet på ett tidigt stadium för att informera om kravnivån på mätningarna och för att de förorsakade kostnaderna skall kunna bedömas. Nedan redovisade förslag har gällt som en förutsättning för de olika deltagarna i projektpaketet.

6.2 Förslag till mät- och utvärderingsprogram

Det slutliga programmet fastställdes i samråd med Bernt Bäckström och kan utgöras av dels en för alla projekt gemensam utvärdering och dels av en individuell utvärdering inom varje projekt.

Minimikraven är följande:

1. Permanent installation av värmemängdmätare alternativt flödes- och temperaturmätare för registrering av
 - inkommande kallvatten för varmvattenberedning
 - utgående varmvatten
2. Permanent installation av drifttidmätare för separat dokumentation av
 - kompressormotor
 - kringutrustning såsom fläktar, pumpar etc
 - eventuell elvärmeförsats
3. Värmepumpaggregatet förses med permanent monterade avstängbara manometrar för förångnings- och kondenseringsstryck. Dessutom förses kondensorn på vattensidan med tryckuttag så att tryckfallet kan mätas tillförlitligt. Mätuttag för tryckfallet på luftsidan över förångaren skall vara förberedda.
4. Önskvärt är att möjlighet också ges till tillfällig dokumentation av luftflödet genom mätning av
 - temperatur före kylare (torr)
 - temperatur före kylare (våt)
 - temperatur efter kylare (torr)
 - luftflöde

Avläsning av permanent monterad mätutrustning sker 1 gång per vecka. I samband med avläsningarna noteras övriga iakttagelser såsom driftstörningar, skötsel- och underhållsåtgärder etc.

Under provkörningsperioden, 2 år, utföres under 6 perioder om vardera 1 vecka kontinuerlig registrering av samtliga temperaturer. Vatten- och kWh-mätare samt manometrar avläses under dessa perioder minst 2 gånger per dygn och dessutom göres stickprovskontroll av tryckfall över förångare och kondensor.

Av de tio deltagarna i steg 1 av projektpaketet har fem satt i gång med steg 2 d v s utförande av verkliga experimentanläggningar.

Ifrågavarande installationsföretag bygger således sina respektive anläggningar och skall också följa upp dessa under två års drift. Ägarna till de aktuella fastigheterna står som låntagare till experimentbyggnadslånen.

Vissa av deltagarna i steg 1, som i övrigt hade goda förutsättningar att få fortsätta med steg 2, kunde inte finna något lämpligt hus där ägaren var intresserad av att medverka trots betsäm-
da löften om att inte behöva ta några ekonomiska risker i sammanhanget.

Nedan följer förteckning över experimentanläggningarna.

Installationsföretag	Projektleddare	Fastighetsägare
AGA-Heating-Thermiaverken Stockholm-Arvika	Eric Granryd	Hyresbostäder, Mora
AB Svenska Fläktfabriken, Stockholm	Leif Norell	Hyresbostäder, Nynäshamn
Thorvent Värmeindustri AB, Härnösand	Sten Thorén	Härnösandshus, Härnösand
Totalinstallation i Göteborg AB	Kjell Ohlsson	Göteborgs stads bostads- aktiebolag, Göteborg
Teknisk Utveckling HB, Göteborg	L-O Grudeborn	Göteborgs stads bostads- aktiebolag, Göteborg



LITTERATURREFERENSER

Andersson J et al, Kylteknik för processtekniker,
Ingenjörslärlaget 1976

Andersson J et al, Kylteknik, Ingenjörslärlaget 1974

Ankagren S et al, Ytjordvärmepump för
Bygghärlningen R20:1979

Glas L O, Värmepumpboken, Ingenjörslärlaget 1978

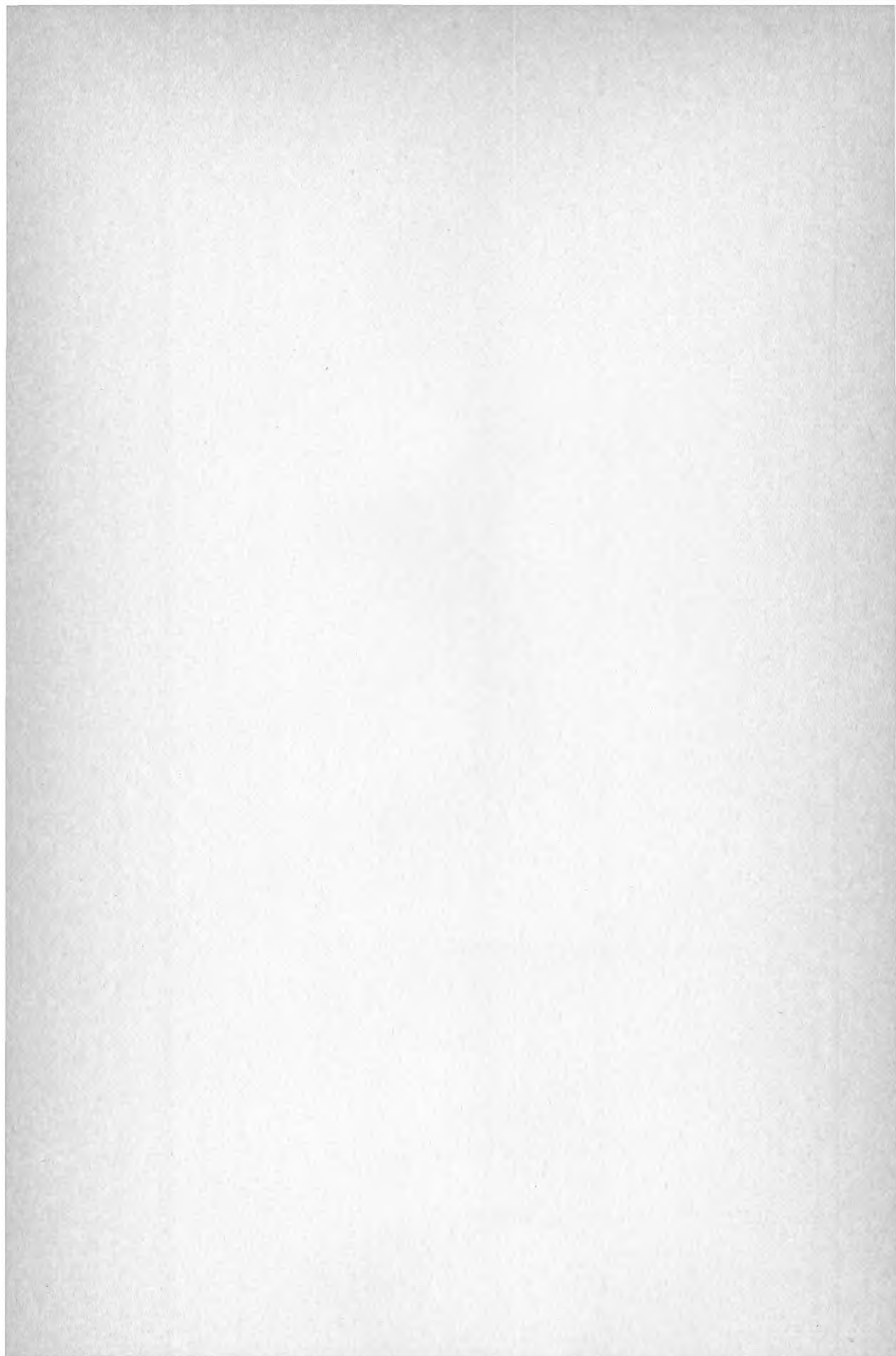
Granryd E, Villavärmepump med regenerativ förågnings-
process, Bygghärlningen R100:1978

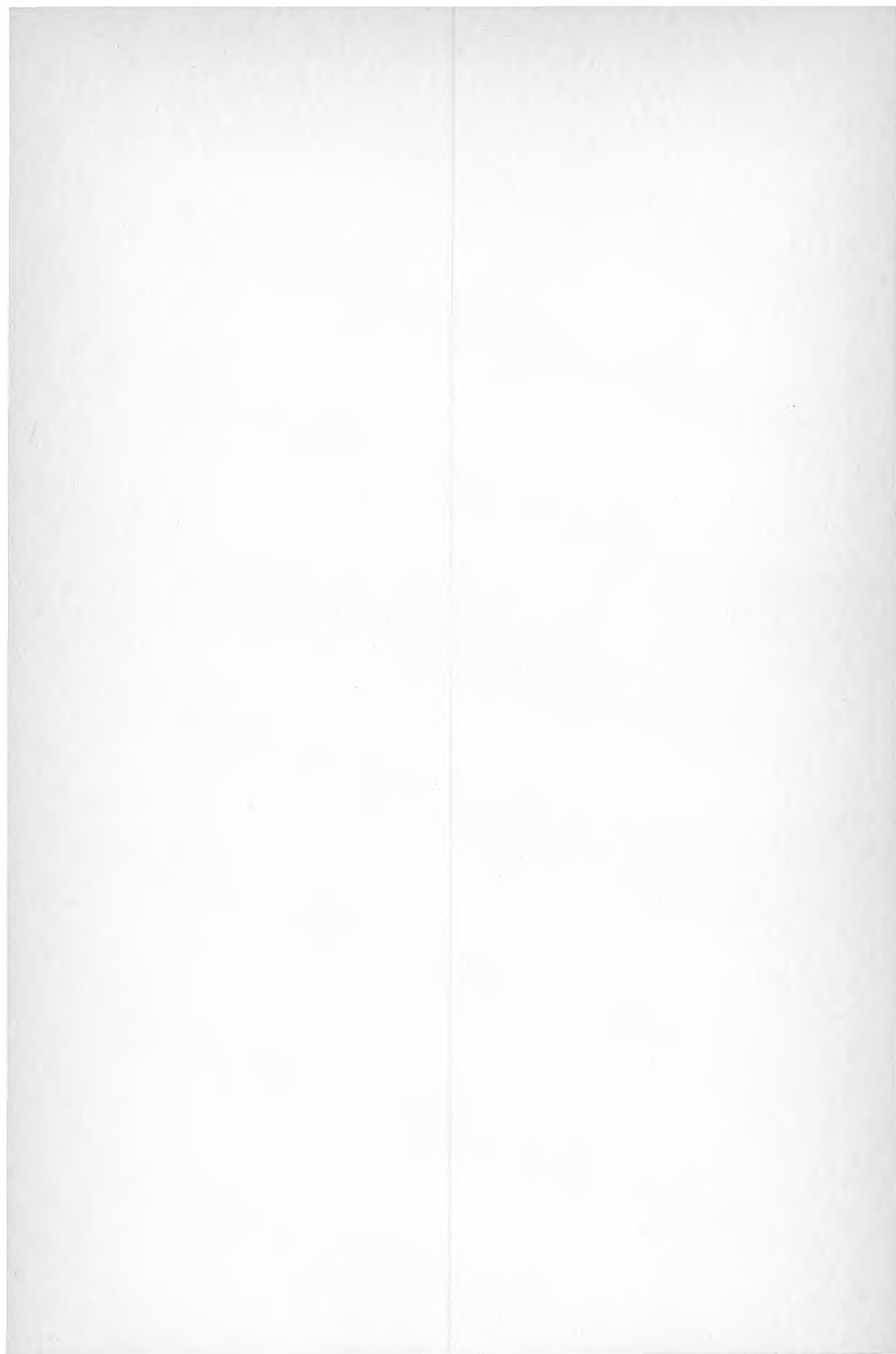
Kraft H et al, Värmepumpar för bostads uppvärmning,
Bygghärlningen R14:1979

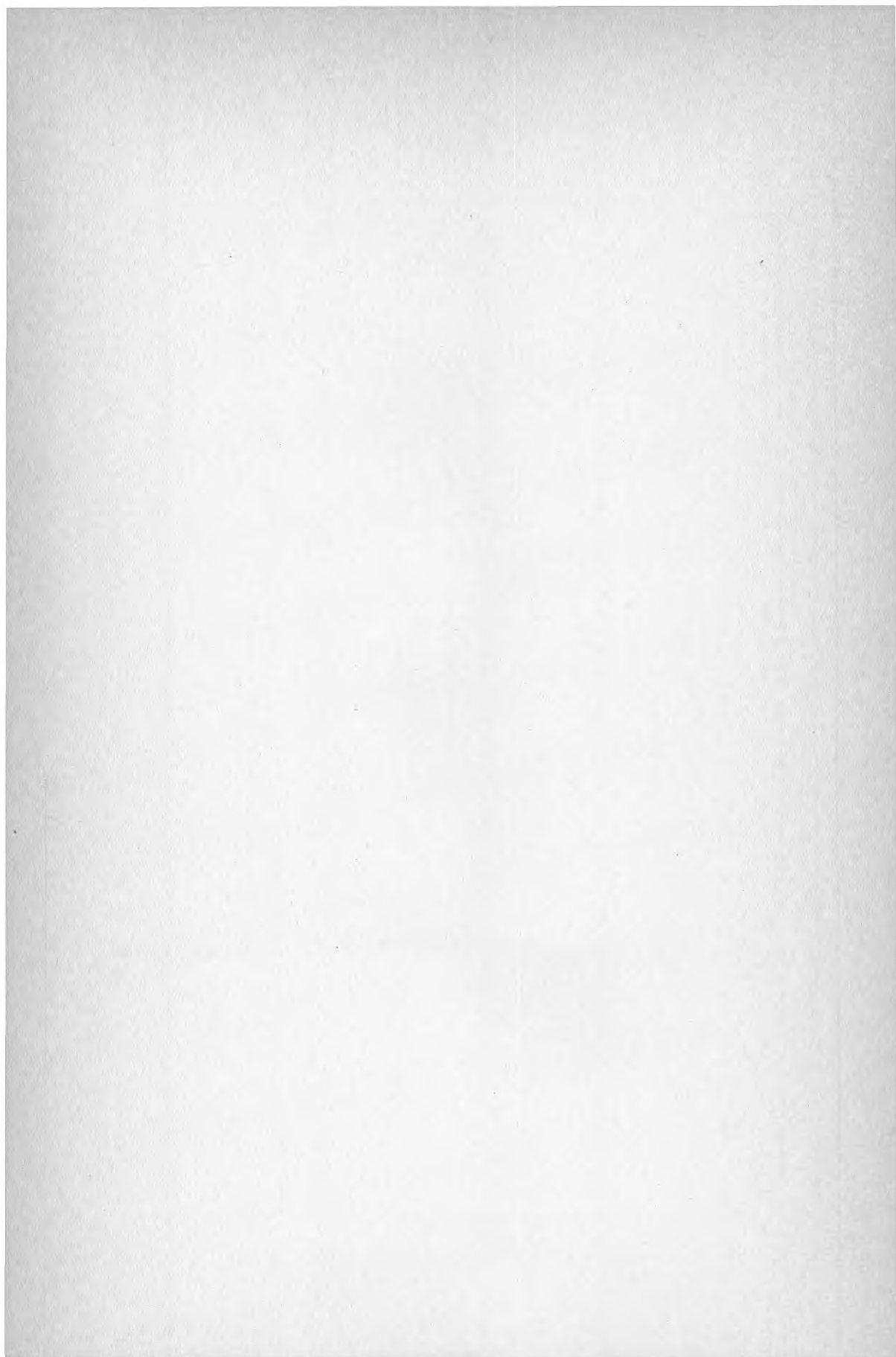
Larsson, T, 1978. Värmepumpsystem, (Statens råd för
bygghärlsforsknings). Programplan för EFUD - 78, program-
element 04, p. 35. Stockholm.

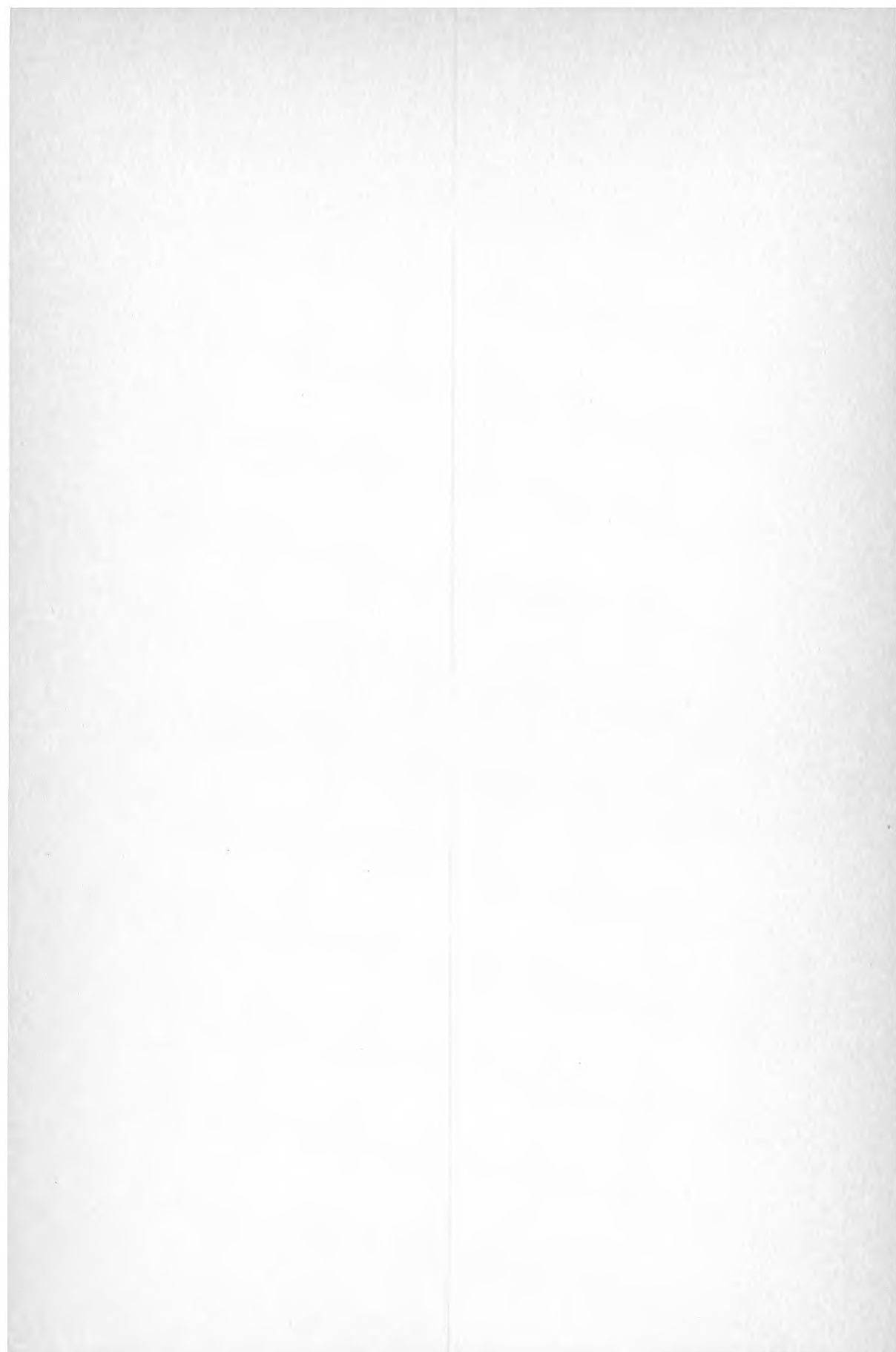
Statens Planverk, Kommentarer till Svensk Bygghärlnorm,
Energhushällning m m 1977:3

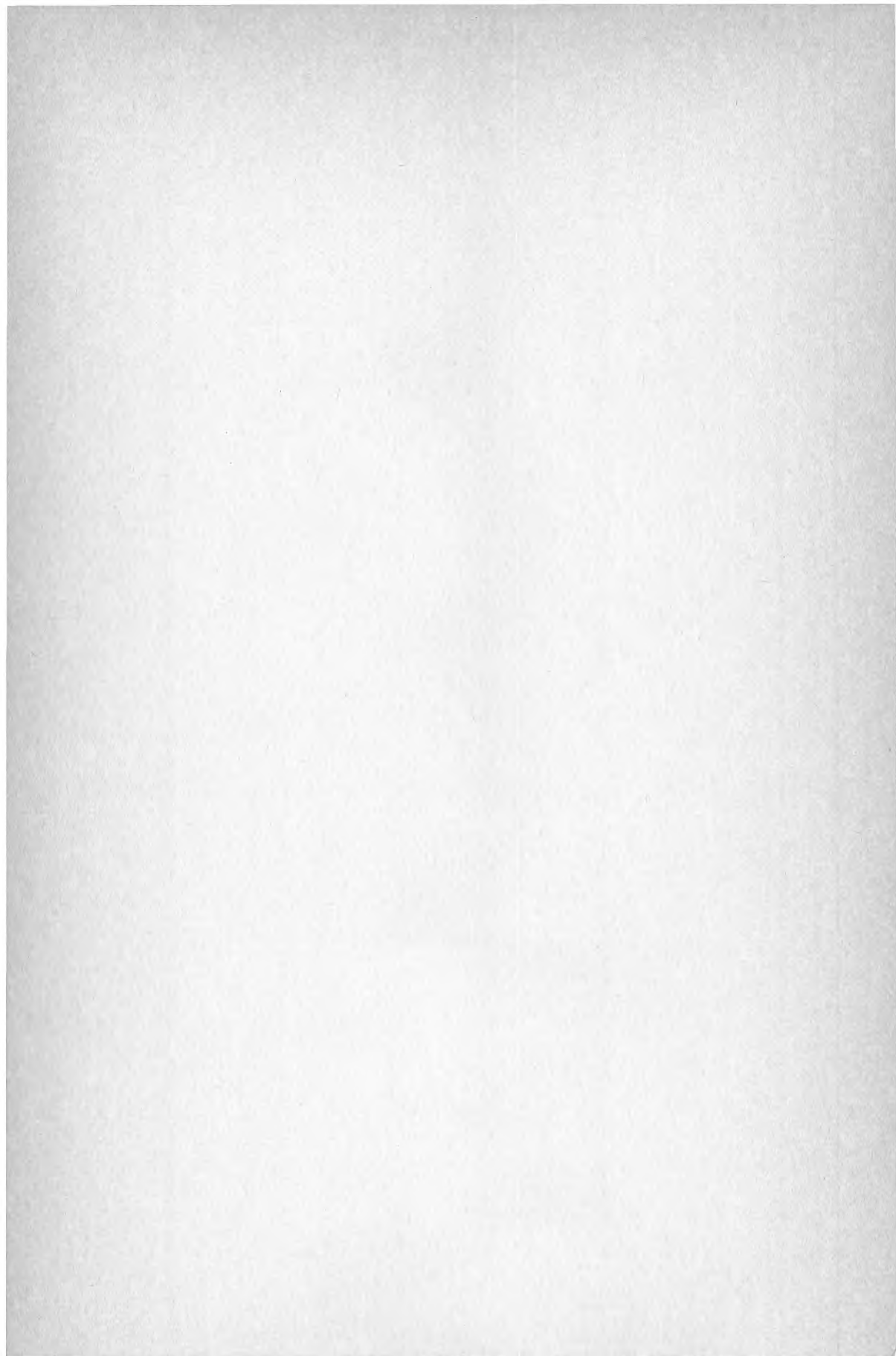
Svensson, G, 1973. Dyghnsbehovet av tappvarmvatten.
(Statens råd för bygghärlsforsknings).
Rapport 57. Stockholm.











**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 781114-7
och 791739-4 från Statens råd för byggnadsforskning till
Wahlings Bygginstallationer AB, Göteborg.**

R146: 1980

ISBN 91-540-3386-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700246

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms